Saving Energy in the Vehicle Fleet

8

enerSave
For Municipalities

Saving Energy in the Vehicle Fleet

Contents

Introduction

1 Fleet Operations 2

Energy saving driving practices 2

Maintenance 3

Efficient use of vehicles 4

Cold weather operations 5

Fuel management 6

2 Equipment Selection 7

Engine power load 8

Reducing rolling friction 8

Reducing power losses in the drive train 8

Engine efficiency 10

Evaluation of vehicle operating costs 13

A final note 14

3 Summary 14

Steps to take now 14

Considerations when selecting new equipment 14

4 Sources 15

For further information, contact your provincial department of energy or the Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

Tables

1. Types of Driving Versus Fuel Economy

2. Effect of Speed on Power Requirements

3. Typical Fuel Consumption -
Speed Curves of Passenger Cars for
Constant Speed on Level Tangent

4. Fuel Consumption During Idling

5. Effect of Temperature on Fuel Economy

6. Reduction in Block Temperature
Over Time

7. Municipal Vehicle Types
Weights and Fuel Consumption

8. Relationship Between Speed and Horsepower Required to
Overcome Rolling Resistance and Gross Vehicle Weight

9. Fuel Savings (%) with Radial Tires by Vehicle Type
and Driving Cycle

10. Trade-Off of Fuel Consumption and Performance
for Various Rear Axle Ratios

11. Energy Distribution,
Full Size Auto Engine

12. Engine Fuel Economy of Varying
Speeds and Loads

13. Summary Of Fuel-Conserving Measures

© Minister of Supply and Services Canada 1982
Cat. No. M22-68/1982-8E
ISBN 0-662-11899-5

Saving Energy in the Vehicle Fleet

Introduction

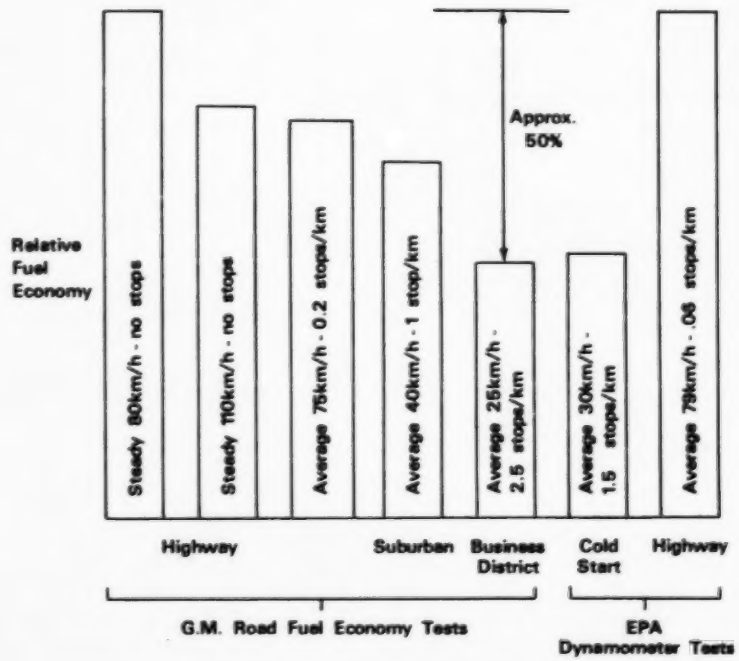
With proper vehicle specification, good management and common sense, municipalities can achieve fuel savings of up to 25% in the operation of their motor vehicle fleets. Today this reduction in fuel consumption translates into increasingly important dollar savings. Furthermore, most of these savings can be realized without major capital expenditures or any significant sacrifice in current levels of service.

This section provides the basis of a comprehensive municipal fleet management program, with fuel-conserving techniques organized under two main headings: Fleet Operations and Equipment Selection.

The first item, improving fuel economy through fleet operations, essentially means taking steps to minimize waste of gasoline in the operation of the existing fleet. These steps include promotion of fuel-conscious driving habits and attitudes, proper vehicle maintenance, efficient vehicle utilization, a system to record and monitor fleet fuel consumption, efficient

TABLE 1

TYPES OF DRIVING VERSUS FUEL ECONOMY



Source: "Fuel Economy Trends and Catalytic Devices", Automotive Fuel Economy, Progress Technology Series, Vol. 15, 1978.

organization of work assignments and decentralization of administration/ maintenance facilities where possible.

The second item, improving fuel economy through equipment selection, means choosing the right type of vehicle for each application and setting proper specifications for equipment and add-on devices.

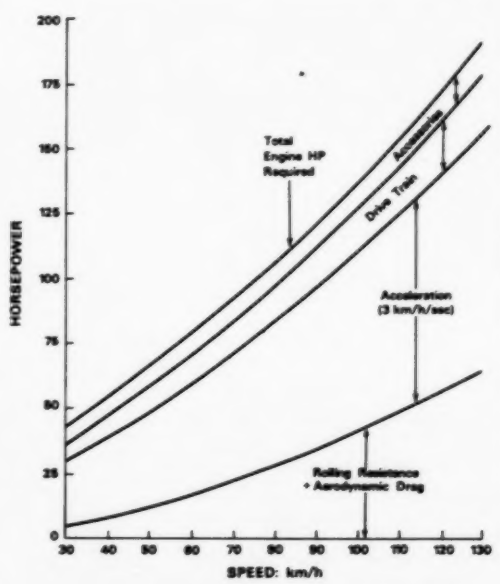
For the most part, this discussion focuses on measures which can be introduced immediately and at very little cost. In all cases the fuel conservation measures described are specifically aimed at saving fuel in urban driving conditions. They do not touch upon techniques designed for high-speed highway driving such as aerodynamic devices.

1- Fleet Operations

Municipal vehicles are driven primarily in downtown or suburban streets, in traffic conditions characterized by stop-and-go movements, frequent periods of idling, low average travel speeds and relatively short-distance trips. These factors contribute to very high fuel consumption. Transport Canada fuel ratings[1a] show that urban driving fuel consumption is typically 20 to 30% higher than the average, and more than 50% higher than constant highway driving at posted speed limits. Therefore, it is important that municipal vehicles operate at peak efficiency.

TABLE 2

EFFECT OF SPEED ON POWER REQUIREMENTS



Source: U.S. Environmental Protection Agency, "Factors Affecting Automotive Fuel Economy", 1975.

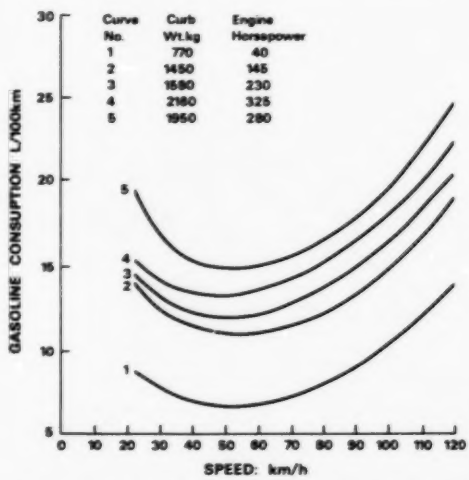
Energy saving driving practices

If drivers are motivated to do so, and know how to go about it, they can be highly successful in squeezing more kilometres from each litre of fuel. Although improvements in operating efficiency can vary considerably, fuel savings of 10 to 20% are not uncommon.[2-8] A sophisticated driver training program instituted by the McDonnell Douglas Aircraft Company (U.S.) reduced fuel consumption in its vehicle fleet by an average of 22.1% per driver[9]. In Canada, driver training programs to conserve fuel have also been instituted by a number of organizations (e.g. Bell Canada and the Department of National Defence.)

TABLE 3

TYPICAL FUEL CONSUMPTION - SPEED CURVES OF PASSENGER CARS FOR CONSTANT SPEED LEVEL TANGENT

Curve No.	Curb Wt.kg	Engine Horsepower
1	770	40
2	1450	145
3	1580	230
4	2180	325
5	1950	280



Source: Winfrey, R., "Economic Analysis for Highways", International Textbook Co., PA., 1969.

[a] Raised numbers refer to sources listed in the bibliography.

Steps to improve driver motivation are an important element in any program to improve fuel economy. The need to drive for greater energy efficiency must be explained, and drivers should be given incentives for reducing fuel consumption and clear recognition when goals are achieved.

Secondly, a system for monitoring fuel use by consumption of each driver will enable both management and drivers to see the results of improved driving habits. Unless these two elements - motivation and performance feedback - are firmly entrenched in a fleet fuel management program, the potential benefits from other measures will not be realized and both money and time will be wasted.

Drivers of municipal vehicles also must know what fuel efficient driving involves. It may not be practical for smaller municipalities to start their own driver training programs. There are many simple practices, however, that drivers can adopt without additional training. These include:

- Anticipating Stops - Studies have shown that in stop-and-go urban traffic fuel economy improvements of up to 8% can be achieved by anticipating stops and decelerating slowly.[8] This reduces energy "lost" through braking.

- Proper Gear Shifting - Drivers should always start out in first gear and accelerate only until the vehicle has sufficient momentum to engage the next higher gear. "Lugging" the engine increases speed, but disproportionately to fuel flow, resulting in raw fuel being passed into the exhaust system where it is burned and spewed out as black smoke. Lugging can also cause engine overloading and speed up wear.

- Keeping Speeds Down - The horsepower needed to overcome both air and rolling resistance increases with speed. As shown in Table 2 the increase in horsepower required to increase speed a specific amount is even more pronounced at higher speeds. Tests have shown that a driver uses 10 to 15% less fuel at a steady speed of 65 km/h than at 80 km/h.

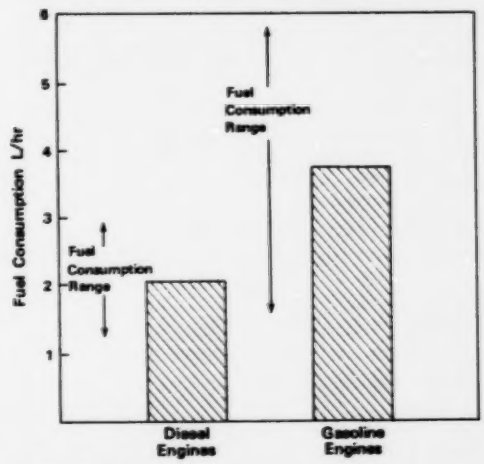
- Reducing Cruising Engine Revolutions Per Minute RPM - For peak efficiency, cruising speed should be the lowest RPM in the truck's operating range.

- Reducing Unnecessary Idling Times - For trucks and buses in urban areas, time spent idling often represents from 20 to 40% of total operating time, depending on the route and on traffic conditions. Under idling conditions a diesel engine will use about 1.8 litres of fuel per hour and a gasoline engine will use about 3.6 litres per hour.[4,13]

  Over the course of a year this amounts to a significant waste of energy, money and fuel. For example, a big truck operating in city driving conditions will waste more than 2,000 litres of gasoline (1,200 litres of diesel) through idling. Therefore, even a 10% reduction in idle time will yield considerable savings.

TABLE 4

FUEL CONSUMPTION DURING IDLING



Source: Voluntary Truck and Bus Fuel Economy Program, U.S. Department of Transportation.

Fuel-saving driving habits like these conserve more than just fuel. Proper driving skills significantly reduce other costs involved in purchasing and maintaining a fleet by reducing tire wear, increasing the intervals between maintenance, and extending the life of the vehicle.

Maintenance

Regular maintenance is another important factor in achieving good fuel economy. Some

maintenance items are particularly important in terms of energy savings:

- Engine Tune-Ups - A properly tuned engine is the key to optimum fuel consumption. Improperly tuned, an engine wastes from 4 to 10% of its fuel.[8,15] To ensure maximum operating efficiency, the air intake system should be checked regularly: dirty filters restrict the amount of air reaching the engine, thereby causing incomplete combustion and wasting fuel. Faulty connections along the fuel line and improper calibration of the fuel system (valves and injectors) can also reduce fuel efficiency.

  Proper instruments should be used instead of relying on the mechanic's judgement during tune-ups. For instance, a chassis dynamometer can identify problems mechanics may not be able to detect. Used instead of the once-around-the-block road test, it can help identify engine and drive train problems under normal operating speeds.

  Instruments can also be used to optimize the time interval between oil changes which, in some cases, can be extended beyond the manufacturer's specifications. Oil analysis measures the extent of oxidization of the oil, detects metal particles and measures water content to determine when oil needs changing. As well as saving oil, oil analysis will extend the lives of engines and transmissions and can be used as a trouble-shooting technique.

  In the past, because of collection, storage and transportation costs, oil recycling has not been common. However, with an in-house unit used motor oil can be reclaimed for use in older vehicles and for topping up between changes. Where a municipality has a sizable fleet these devices can pay for themselves in a relatively short time.

- Tires - Improperly aligned and under-inflated tires result in fuel losses through increased rolling resistance. Tests carried out in the United States have measured the impact of under-inflation on large tractor-trailers and found fuel economy improvements of 1 to 6%.[8,9,16] In one case a 9.7% fuel economy improvement was achieved by increasing pressures from 65 psi to the manufacturer's specified pressure of 100 psi. Proper inflation and alignment not only save fuel but prevent tires from wearing out prematurely.

- Preventative Maintenance Programs - Instead of attending to vehicles only in response to problems, preventative maintenance programs should be instituted. Most defects and problems are not attended to until they have noticeably affected vehicle performance, and this in turn means that the vehicles have been running at less than peak efficiency.

  The Regional Municipality of Ottawa-Carleton has a systematic preventative maintenance program which includes five stages:

  1. Drivers check and add lubricants, etc. daily.
  2. Main moving components are greased weekly.
  3. An "A" service check is done once a month, which includes grease, oil, lights and minor repairs.
  4. A "B" service is done every two months, which includes grease, oil, filters, lights, fanbelts.
  5. The standard Ontario Provincial Safety Check is carried out twice a year (full brake inspection once a year).

- Enforcement - Unless new fuel management procedures are followed, there is little point in establishing a detailed preventative maintenance program and investing in tune-up instruments. Therefore steps must be taken to monitor drivers as well as mechanics, with corrective action when necessary.

Efficient use of vehicles

Using vehicles efficiently can also lead to significant fuel savings. Because municipal size and services vary greatly from one community to another, however, it is difficult to provide estimates of potential fuel savings. Nevertheless, since the following measures involve no expenditure on new equipment, add-on devices or training programs, the savings are "free". All that is required is additional planning.

- Consolidating Loads - Carrying more payload per trip reduces the number of times the weight of the truck itself is transported. Thus, the amount of fuel needed to transport each ton of payload

is reduced. For example, Ottawa-Carleton has converted a number of sand-spreader units by installing ten-yard capacity boxes on large GVW trucks. This enables the spreader units to cover a much larger territory without having to return as often for refills. Greater savings are possible by operating at increased payloads than by any other method.

Garbage collection is another operation that should be reviewed with load consolidation in mind. For environmental reasons land-fill sites are generally located at some distance from built-up areas. It may be possible, however, to compact large amounts of garbage at centrally located transfer stations for subsequent transport by large, highly efficient vehicles to landfill sites.

- Optimizing Payload Capacity - Matching the weight or volume of the load to be transported with the payload capacity of the vehicles available is also important. In other words, a dump truck should never be used to pick up a few materials if a pickup truck will do. The degree of flexibility for optimizing the payload capacity is much greater for municipalities with large fleets and a wide range of vehicle types.

- Optimizing Routes - Reviewing the routing of each trip can eliminate unnecessary return journeys. In large municipalities pickups and deliveries should be avoided during peak hours when vehicles spend a high proportion of their time idling.

- Radio Dispatch - Using telecommunication systems, extra trips can be avoided by altering routes or vehicle duties during peak hours when idling times are the longest.

- Decentralization - Decentralizing the location of various municipal facilities associated with fleet operations can also save fuel. Many unproductive kilometres are needlessly travelled to maintenance garages, patrol garages, fuel depots, snow dump areas and other centralized facilities. Another alternative is to adopt a credit card system to permit vehicles to be refuelled at designated retail outlets.

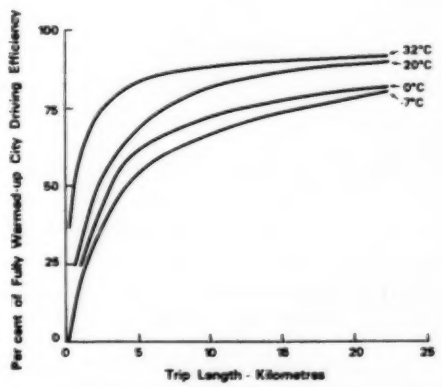
- Winter Operations - Snow clearing, salting and sanding practices should be reviewed since a reduction in frequency may result in fuel saving with little or no loss of safety. On the other hand such savings could be illusory and should be assessed carefully. For instance surveys have indicated that a reduction in snow removal may cause a net increase in fuel consumption due to increased rolling resistance of vehicle tires in snow. One survey taken in Milwaukee indicated that 18 litres of additional fuel would be consumed for each litre of fuel saved as a result of reductions in snow clearance operations.

Cold weather operations

Because most Canadian municipalities experience cold winters, the effect of low temperatures on vehicle operation deserves special attention. A vehicle does not operate at its peak efficiency until all its components (e.g. tires, engine, transmission and wheel bearings) reach their designed operating temperatures. Relative fuel consumption is high at low engine operating conditions. When the temperature is -20°C compared to summer conditions of 15°C fuel consumption for an automobile can double for a half hour trip. Since trips in urban areas generally take less than 30 minutes, the fuel loss during cold weather is quite significant.

TABLE 5

EFFECT OF TEMPERATURE ON FUEL ECONOMY



Source: "Customer Fuel Economy Estimated from Engineering Tests", Automotive Fuel Economy, Progress in Technology Series, Vol.15, 1976.

A number of steps can be taken to save fuel:

- The use of block heaters coupled with timers can be very cost effective. A block heater allows the engine to

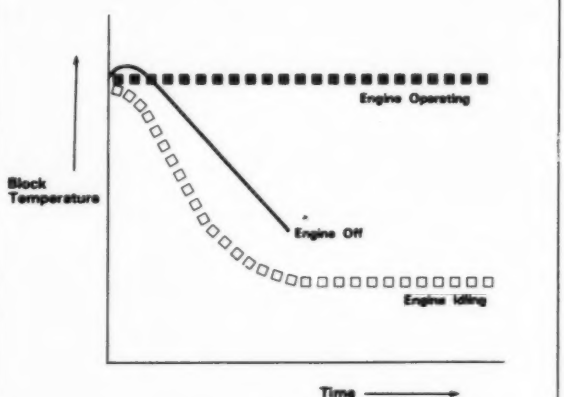
approach summer performance more quickly by maintaining the block above ambient temperature. With timing units connected to the heaters, the amount of electrical energy consumed is minimal compared to the number of litres of fuel saved.

- Where municipal vehicles are stored indoors heated storage areas may not be necessary. Mechanically-sound vehicles can be kept in cold storage structures, while only vehicles needing repairs are brought into a heated service shop.

- Contrary to popular belief, idling a vehicle during pick-ups and deliveries does not keep the engine warm. An engine will cool off faster when it is left idling than when it is shut off. This is because heat is pulled from an idling engine by the continued operation of the cooling and exhaust systems. Since these systems stop operating when the engine stops, turning the engine off retains more heat over the short term than leaving it idling.

TABLE 6

REDUCTION IN BLOCK TEMPERATURE OVER TIME



Source: General Motors Corporation, "Truck Selection", 1977.

- Demand actuated fans allow the engine to heat up faster and prevent it from over-cooling in winter. Tests have shown that these fans increase fuel efficiency by several percentage points. Radiator shutters can increase efficiency by about 2%.

- Short trips should be avoided by consolidating several trips and routes into as few as possible.

Fuel management

A fuel management program should account for the consumption of every litre of gasoline purchased by a municipality. Although not in itself fuel-saving, such a system will help fleet managers assess measures to improve fuel efficiency and uncover excessive consumption, whether due to defective equipment, inadequate maintenance or unsuitable driving behaviour.

- Monitoring Fuel Consumption - As a first step, the fuel consumption of each vehicle can be monitored by carefully recording the odometer reading and the number of litres required every time a vehicle is refuelled.

  More sophisticated methods involve installation of instruments such as tachographs, which are effective in recording fuel-wasting driving habits such as excessive speed, panic stops and rapid acceleration.

  Recently small in-cab computers have become available. These digital fuel meters provide drivers with instant feedback in response to their driving habits.

  Municipalities should consider installing fuel dispensing facilities at their yards and patrol garages. This will ensure that careful records are kept of fuel consumption by each vehicle and will also eliminate pilferage.

  Fuel records provide the basis for good management decisions and are an important part of driver incentive programs. The fact that strict records are being kept in itself encourages everyone in the organization to save fuel.

- Revised Purchasing Policies - Municipalities that have their own fuel-dispensing facilities can also revise their fuel purchasing policies, by accepting summer (hot weather) deliveries during the mornings only to minimize evaporation losses, and by recording fuel deliveries by weight, rather than by litres. In the case of summer deliveries, weight recording is more accurate than litre measures, particularly if the fuel is delivered early in the morning when temperatures are cool and the fuel has not had the opportunity to expand. McDonnell Douglas estimated that they get an extra 2250 litres of fuel a month by following these rules.

2- Equipment Selection

Whether new replacement vehicles are purchased annually or only occasionally, it is important to be aware of the options available now and in the future for improving fuel economy. When setting specifications for new equipment, fleet managers should bear in mind that fuel economy is closely related to engine power load (horsepower) and engine efficiency.

TABLE 7

MUNICIPAL VEHICLE TYPES, WEIGHTS AND FUEL CONSUMPTION

Vehicle Type		Weight (kg)	Typical Urban Fuel Consumption (L/100km)[1]
Automobile	Subcompact	under 1150	10[2]
	Compact	1150- 1500	9-12
	Intermediate	1500- 1650	11-13
	Full Size	over 1650	12
Truck	Light	under 4500	18-30[3]
	Medium	4500- 8900	36-44
	Light-Heavy	8900-11800	37-47
	Heavy	over 11800	36-69 (diesel)
Bus	Van	under 4500	approx 19
	Mini	4500- 8900	N.A.
	School	over 11800	43-52
	Transit	over 11800	approx 44 (diesel)

1. Calculation: $X \text{ mpg} = \frac{282.5 \text{ L/100km}}{X}$

2. Automobile test fuel ratings reported by Transport Canada [1]

3. Truck and bus in-use fuel consumption as reported by various operators. See references [2,3,4,5,6].

Engine power load

To move any vehicle an engine must provide power to overcome the following vehicle loads:

- o Rolling friction
- o Drive train losses
- o Air resistance
- o Accessories

Table 2 illustrates the relative importance of these loads at various vehicle speeds. At the low speeds typical of urban driving conditions, engine load is due primarily to the effect of rolling friction. Air resistance only becomes significant at speeds above 50 km/h. In all cases, however, steps can be taken to increase energy efficiency.

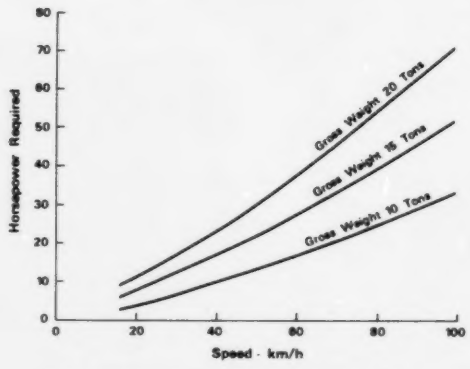
o Reducing Rolling Friction - Rolling friction is the power lost in tires and bearings. Both vehicle weight and tire characteristics affect rolling friction, and these are two factors that should be considered carefully in equipment selection.

- Reduced Curb Weight - Purchasing lighter vehicles is one of the best ways of saving fuel. When buying passenger cars, municipalities should consider substituting a compact or even a subcompact for a heavy full size car. While the better fuel economy in compact and subcompact cars is partially attributable to smaller engines, it should be recognized that weight influences fuel consumption more than any other single factor. As for trucks, those vehicles which are normally loaded to far less than their full capacity could be replaced with smaller and lighter models.

- Radial versus Standard Tires - All tires absorb a considerable amount of power as they roll and flex during vehicle operation. Since radial tires absorb less power than ordinary bias ply tires, however, their use can result in lower fuel consumption. The potential fuel savings vary with the type of vehicle and its driving cycle. It should be noted however that sidewall failure of radial tires in urban areas, where vehicles may rub up against curbs, must be considered when weighing the advantages of their longer life and fuel savings.

TABLE 8

RELATIONSHIP BETWEEN SPEED AND HORSEPOWER REQUIRED TO OVERCOME ROLLING RESISTANCE AND GROSS VEHICLE WEIGHT



Source: General Motors Corporation, "Truck Selection", 1977

o Reducing Power Losses in the Drive Train - Inefficiencies in drive train components represent a power loss which must be compensated for by the engine. Drive train components vary among vehicle types of the same size and classification, however, and through proper specification fuel savings are possible.

- Manual versus Automatic Transmissions - If driven properly, manual transmissions offer better fuel economy than automatic transmissions - typically, under test conditions a 10% improvement is possible with a small car. Specification of a manual transmission for passenger cars in the fleet can therefore save fuel.

  Any decision to purchase manual instead of automatic transmissions should take into account the number of people who will be driving the vehicle, their training and the type of driving conditions. Potential savings from a manual transmission will not be achieved if the vehicle is driven so that the gears do not engage correctly (lugging or overspeeding the engine).

  If there is only one driver assigned to the vehicle, and he has received good training, then a manual transmission should be considered.

TABLE 9

FUEL SAVINGS WITH RADIAL TIRES BY VEHICLE TYPE AND DRIVING CYCLE

Vehicle Type	Driving Cycle	
	Local	Short-haul
	per cent	
Medium Duty (Classes III-V)	3-9	4- 9
Light Heavy Duty (Class VI)	3-8	5-10
Van (10 Tonnes)	0	1.4
Heavy Duty (Classes VII-VIII)	3-8	5-10
Dump Truck (28 Tonnes)	8.4	6.0

Frequent shifting in congested traffic, however, combined with the effects of fatigue from a long day at the wheel, make it unlikely that potential fuel savings will be fully realized. Furthermore, if the vehicle is used by a number of drivers it will be more difficult to ensure that it is driven efficiently, particularly if these drivers have not had much experience with manual transmissions. In these cases it may be more prudent to select an automatic transmission.

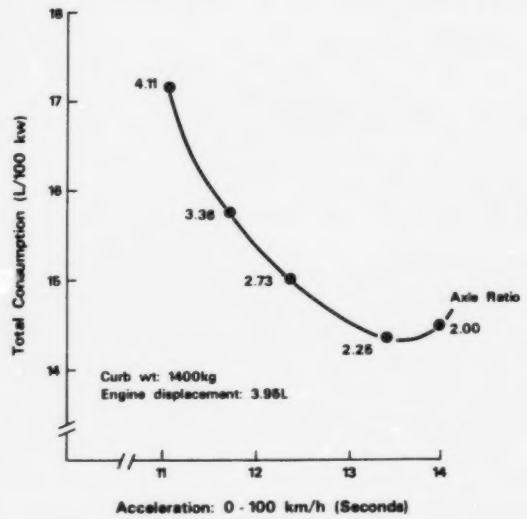
- Improved Automatic Transmissions - Fuel economy from automatic transmissions can be maximized by specifying a higher number of gears, four or five where available, instead of the conventional two or three. The additional gears permit better automatic matching of engine speed and torque with the horsepower demanded. A 5% improvement in passenger car fuel economy can be achieved through the use of a 4-speed automatic instead of a 3-speed. Many subcompact cars are now available with 4-speed automatic transmissions.

  Fuel economy can be improved further through the use of a torque converter lock-up. This device eliminates the torque converter slippage normally experienced during cruise. Four or five speed automatic transmissions with torque converter lock-ups are becoming available in transit and school buses, and fuel savings of 10 to 20% are expected.[3,20] Although not presently available on all types of light vehicles, torque converter lock-ups can be obtained on some passenger cars. In these cases they improve fuel economy by about 6%. Torque converter lock-ups are expected to become increasingly available in light trucks and automobiles in the near future.

- Lower Axle Ratios - Depending upon the present gearing of the vehicles, a substantial gain in fuel economy may be achieved by lowering the rear axle ratios. The lower axle ratio

TABLE 10

TRADE-OFF OF FUEL CONSUMPTION AND PERFORMANCE FOR VARIOUS REAR AXLE RATIOS



Source: "Car Design for Economy and Emissions", Automotive Fuel Economy, Progress in Technology Series, Vol.16, 1978.

reduces the engine speed necessary to propel the vehicle at a chosen road speed, and fuel savings of up to 5% are possible for trips involving a mixture of urban and highway driving conditions.[3,21]

As the table shows, moving to a lower axle ratio does result in some loss of acceleration. In terms of trip time, however, this effect is insignificant.

- Tag Axles - Some large trucks (e.g. dump trucks) have tandem rear axles which consume power. Tests have shown that a 2-4% improvement in fuel economy can be obtained by changing to a unit with a single driven axle and a non-driven (tag) axle.[3] Some loss in traction is experienced with this type of arrangement, although this may only be important in off-road use such as gravel hauling.

- Reducing Air Resistance - As shown in Table 2, at urban driving speeds air resistance places much less demand on the engine load than rolling friction. Therefore, the effectiveness of devices which conserve fuel by reducing air resistance depends upon the driving cycle of each vehicle. Unless a truck does a significant amount of non-stop highway driving, the use of aerodynamic drag reduction devices will reduce fuel consumption by only 1 to 2%.[3]

  At high average travel speeds, fuel economy studies have shown that drag reduction devices can reduce fuel consumption by 3 to 10%.[3,4] Wind deflectors are ineffective, however, and can increase fuel consumption if used on truck units where the cab height is higher than the rear portion of the truck.

- Demand-Actuated Radiator Cooling Fan - The fan is the largest single contributor to the accessory load of any vehicle, yet under most operating conditions the fan is not needed more than 35% of the time that the engine is running. The actual amount of time fan operation is required depends upon several factors.

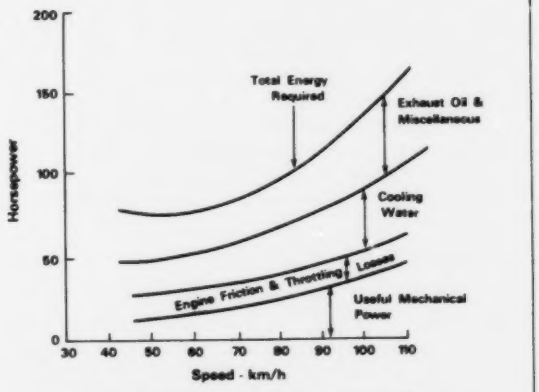
  In the stop-and-go driving assumed to be typical of most municipal vehicles, fan operation is required more than during speed driving conditions. On the other hand the fan is required less during cool weather, an important factor in Canadian municipalities.

  Since operation of the fan is unnecessary for most of the time that an engine is running, the engine is unnecessarily cooled and the fuel required to operate the fan is wasted. With a temperature actuated variable speed fan drive, or fan clutch as it is commonly known, fuel savings of 4 to 7% are possible for trucks being driven in urban traffic conditions.[3,4] An added benefit from the use of clutch fans is that the noise level lowers when the fan is not in operation.

o Engine Efficiency - The efficiency of an engine determines the percentage of the combustion energy which ends up as mechanical power output. Only 10 to 30% of this energy is converted to mechanical power; most of the remainder is carried away in the exhaust and cooling water.

TABLE 11

ENERGY DISTRIBUTION, FULL SIZE AUTO ENGINE



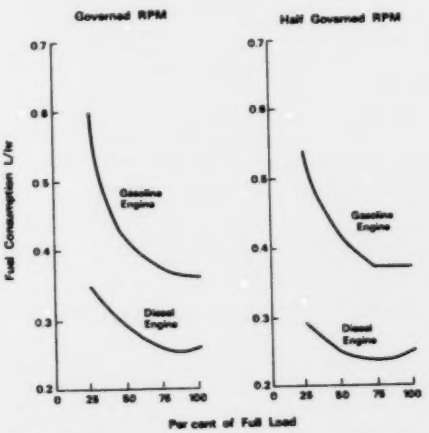
Source: U.S. Environmental Protection Agency, "Factors Affecting Automotive Fuel Economy", 1975.

Steps can be taken at the time of purchase to ensure that new vehicles operate at maximum engine efficiency.

- Diesel versus Gasoline Engines - As shown in Table 12, the substitution of diesel for gasoline engines can result in significant fuel savings. Operating at much higher pressures and temperatures, diesel engines burn fuel more efficiently and diesel fuel contains about 12% more energy than an equal volume of gasoline.

TABLE 12

ENGINE FUEL ECONOMY OF VARYING SPEEDS AND LOAD



Source: "Encouraging School Transportation Effective Energy Management (ESTEEM)", U. S. Department of Transportation, 1977.

The relative efficiency of diesel engines is even more pronounced under urban stop-and-go driving conditions. While this type of driving tends to make gasoline engines overheat, diesel engines are built to withstand the higher internal pressures involved. Furthermore, diesels consume less fuel while idling since they idle at lower speeds. See Table 4. Under urban driving conditions fuel savings of 20 to 40% are possible by substituting diesel for gasoline engines (See references 2,3,4,5, 13,16).

A comparison by the municipality of Ottawa-Carleton of fuel consumption by their diesel and gasoline half-ton pick-up and spreader units showed improvements in fuel economy of 78% to 83% with the diesel units.

Until recently, diesel engines have been available only for medium and heavy trucks. As fuel prices continue to rise, however, the availability of diesel engines in light trucks and passenger cars will increase. Although the initial cost of a diesel is higher than the cost of a similar vehicle with a gasoline engine, diesels are usually cheaper in the long run. Diesel engines produce considerable cost savings not only in fuel but also in maintenance because of their superior durability and reliability.

- Propane - Propane, which is produced as a byproduct of natural gas processing and oil refining, is relatively abundant in Canada. Therefore, substituting propane for gasoline in transportation offers an important opportunity to offset reliance on imported oil.

Demonstration experiments with propane are being conducted in a number of Canadian cities, principally in western Canada where propane can be purchased cheaply. These experiments include police cars in West Vancouver and taxis in Calgary that will operate on propane fuel.

The federal government's National Energy Program provides incentives of up to $400 per vehicle for the

conversion of commercial, agricultural and municipal fleets to propane.*

In addition, the Ontario government recently launched a program called "Drive Propane" to encourage commercial fleet conversion, and this program is given much impetus by the removal of the 21 cent per gallon provincial road tax for alternative fuels.

The Department of National Defence has also announced its intention to convert a significant portion of its fleet to propane fuel.

Conversion costs range from $1,200 to $2,000 per vehicle, half related to equipment, the remainder to labour. These costs could be reduced significantly by increasing the volume, and if new vehicles are manufactured with propane fuel engines the additional cost could be as low as $300 per unit.

Propane prices vary widely in Canada, low in the west and higher in eastern and central Canada. The development of a significant transportation demand for propane should stabilize prices by reducing the seasonal demand fluctuations, and by insulating the Canadian market somewhat from the U.S. market. Propane is available now in central Canada and there are good prospects for propane in the Maritimes as a byproduct of gas production from Canada's east coast.

Fuel consumption in a propane-powered car can range from being equivalent to gasoline engines to being about 10 percent higher, depending on the type of conversion and vehicle. Propane-powered engines offer a number of benefits:

- increased engine life
- increased lubricating oil life
- increased spark plug life
- reduction in down-time

* For further information, contact the Propane Vehicle Grant Program Office, 580 Booth Street, Ottawa K1A 0E4

- Turbocharging - Turbocharging increases the available power of an engine by using exhaust gas to drive a turbine, connected to an impeller, which then delivers excess air to the cylinders. A turbocharged engine will achieve higher temperatures and pressures than a comparably powered, larger, non-turbocharged engine. The higher engine efficiency results in fuel savings of up to 10% for diesel engines and 15 to 20% for gasoline engines under local driving conditions.[3,4,13,15]

- Derating The Engine - This is a simple procedure to reduce the available horsepower in diesel engines: the fuel injectors are calibrated to deliver less fuel than is required to produce maximum rated or design horsepower. Provided that the lower horsepower is adequate for the tasks which the vehicle is to perform, derating the engine will lengthen engine life, reduce maintenance costs and result in fuel savings of 2 to 5%.[3,13] Derating can be done on existing fleet vehicles and can be specified when new vehicles are purchased. Derated engines can be recalibrated to the original horsepower rating if necessary at relatively low cost.

- Reducing Diesel Engine Speed (RPM) - Conventional diesel engines are generally designed to operate at a maximum engine speed of about 2,100 rpm, at which point the governor limits fuel flow to the engine and prevents further increases in engine speed. Optimum fuel efficiency, however, usually occurs in the operating area of 1,600-1,800 rpm. Therefore, one method for improving fuel economy is to train drivers to cruise at about 20% below governed speed in top gear. Alternatively, an adjustment can be made to the governor, forcing the driver to operate the engine closer to the optimum fuel efficient speed.

  Fuel savings of 7 to 10% are possible by reducing the engine speed.[3,13] However this must be traded off against slightly longer trip times and, more important, increased frequency of shifting.

- Fuel Injection - The mixing of air and fuel for most gasoline engines is performed by a single central device, the carburetor. The air/fuel mixture is then distributed to the cylinders. Sometimes, however, this mixture is not distributed equally to all cylinders, causing lean fuel zones and misfiring unless excess fuel is provided by the carburetor. With fuel injectors for each cylinder these problems are avoided. Studies have shown that fuel savings of up to 10% have been achieved by specifying fuel injection systems instead of carburetors on gasoline engines.[2,3,4]

Evaluation of vehicle operating costs

Many of the fuel-saving accessories described so far will add to the initial price of a vehicle but will result in lower fuel costs. Depending on the option, they may also result in higher or lower maintenance costs over the life of the vehicle. The cost effectiveness of fuel-saving accessories must be evaluated by considering all affected costs over the life of the vehicle, and not merely the purchase price.

Vehicle operating costs normally consist of the following items:

- fuel and oil
- maintenance & repairs (engine and body)
- tire replacement
- licence
- insurance
- parking and garaging

Ignoring licence, insurance and parking costs, which are unlikely to vary with the type of fuel-saving accessories selected, decisions affecting equipment will involve a trade-off between:

Change in vehicle purchase price (or cost of retrofitted equipment) depreciated over period vehicle is owned.	vs.	Change in annual costs of fuel and oil maintenance and repairs, tire replacement
(+)		(-)

This calculation should be made on an annual (or per km) basis over the life of the vehicle or equipment. Much of the information needed to calculate total operating costs should be available from equipment suppliers. Section 4 in this series of booklets, "Financial Analysis of Conservation Opportunities", discusses techniques which can be used to analyze the cost effectiveness of conservation measures.

The following example illustrates this principle:

DIESEL VERSUS GASOLINE ENGINE MEDIUM-SIZED TRUCK

- Calculation of Savings (simple payback)

Total savings (fuel and maintenance) per annum from purchase of diesel	$ 1414
Additional investment	$ 3300
Simple payback period	2.33 years (3300 - 1414)

- Calculation of Net Present Value*

Vehicle life years	10
Present worth of annual savings, using a discount rate of 12%	$7,989
Present worth of investment	3,300
Net present value	$4,689

Clearly, the value of the energy and maintenance savings justify the additional expenditure.

---

* No allowance for salvage values. Net Present Value in this case means the value of total savings resulting from this investment over the 10-year life of the vehicle, expressed in today's dollars.

A final note

When purchasing new equipment don't overlook the purchasing process itself. The equipment supplier should be given as much information as possible on how each vehicle will be used and under what conditions. The average hauling distance will be relevant, as will speeds required, the size, weight and type of commodities to be transported, the roads the vehicles will be operating on, and the training of the drivers. Finally, ensure that any options requested are absolutely necessary and that servicing facilities are available.

3- Summary

The fuel improvement measures presented in this section are summarized on the following page, along with an estimate of the savings they offer. These estimates, however, are drawn from results of scientific testing and the experience of various fleet operators. Actual savings for a specific municipality will depend on factors unique to each community (e.g. climate, population density and topography.) Nor are the savings cumulative. In addition not all these measures will be applicable to every municipality. Finally, many fleet managers will already have taken steps to reduce fuel consumption by implementing various techniques that have been discussed.

What is clear, from research and growing experience in the field, is that increased attention to good driving habits, sound fleet and fuel management, and careful equipment selection will result in important fuel and dollar savings for any municipality.

Steps to take now

Fuel conserving methods which can be introduced immediately and at very little cost include:

- A system for recording and monitoring fuel consumption for all operating vehicles.
- A program to encourage fuel-conscious driving practices such as anticipating stops, proper gear shifting, the installation of tachographs, driving at lower speeds, eliminating unnecessary idling.
- More efficient vehicle utilization by consolidating loads, optimizing payload capacity and routes, and adopting fuel-efficient cold weather operations.
- Proper maintenance, including regular tune-ups, correct tire inflation and wheel alignment, and a preventative maintenance program.

Considerations when selecting new equipment

When replacing parts on vehicles and when purchasing new vehicles, consider the following:

- lighter vehicles with smaller engines
- radial tires
- the choice between manual and improved automatic transmissions
- lower axle ratios
- tag axles for heavy trucks
- specifying only fuel-efficient accessories (e.g. a demand actuated fan)
- substituting diesel or propane for gasoline engines
- improving engine efficiency through turbocharging, derating, reducing engine speed, and fuel injection
- stratified charge engines

TABLE 13

SUMMARY OF FUEL - CONSERVING MEASURES

1. FLEET OPERATIONS	Reported Savings (percent)*
o Energy Saving Driving Practices (e.g., anticipating stops, proper gear-shifting, keeping speeds down, eliminating unnecessary idling)	10-20
o Proper Maintenance	
- regular tune-ups	4-10
- correct tire inflation	1- 6
- preventative maintenance	-
o Better Vehicle Utilization - consolidate loads, optimize capacity, improved scheduling and cold weather operations.	-

2. EQUIPMENT SELECTION	Reported Savings (percent)*
o Reducing Engine Powerload	
- reduced curb weight	-
- radial tires	3-10
- manual vs. automatic transmissions	-
- improved automatic transmissions:	
4 or 5 gears	5
torque converter lock-up (buses)	10-20
(cars)	6
- lower axle ratios up to	5
- tag axles	2- 4
- aerodynamic devices	1- 2
- temperature actuated cooling fan	4- 7
- radiator shutters	2
o Improved Engine Efficiency	
- substitution of diesel for gasoline engines	20-40
- turbocharging: diesel	up to 10
gasoline	15-20
- engine derating	2- 5
- reducing engine speed	7-10
- fuel injection	up to 10

* Figures taken from text

4- Sources

The bibliography which follows provides sources for more detailed information on the various measures discussed here. At present, unfortunately, there are no widely available technical manuals on energy efficient fleet management, although the references provide useful information on specific measures.

Bibliography

1. Road and Motor Vehicle Safety Branch, "Fuel Consumption Guide 1980", Edition 2, Transport Canada, 1980.

2. U.S. Department of Transportation et al., "Interagency Study of Post-1980 Goods for Commercial Motor Vehicles" Draft, Energy Resources Council, 1976.

3. Transportation Systems Center, "Study of Potential for Motor Vehicle Fuel Economy Improvement", Truck and Bus Panel Report No. 7, U.S. Department of Transportation, 1975.

4. Jack Fawcett Associates, Inc., "Truck Fleet Experience with Fuel Economy Improvement Measures", Final Report, Federal Energy Administration, Washington, D.C., 1976.

5. N.D. Lea and Associates Ltd., "Truck and Bus Fuel Efficiency Improvement", Ontario Ministry of Transportation and Communications, 1978.

6. N.D. Lea and Associates Ltd., "Action Plan to Encourage Public Acceptance of Fuel Efficient Automobiles", Ontario Ministry of Transportation and Communications, 1980.

7. Harriott, W.F. and J.C. Sturm, "Energy Conservation Opportunities for the In-Use Automobile Fleet", Draft, U.S. Department of Transportation, 1980.

8. Transportation Systems Center, "Vehicle-In-Use Energy Conservation Status Report", U.S. Department of Transportation, 1978.

9. Douglas Aircraft Company, "Vehicle Energy Conservation Program", McDonnell Douglas Corporation, 1975.

10. International Harvester, Canada, "Common Sense Approaches to Uncommon Trucking Productivity".

11. Kibkee, L. and J.E. Allen, "Report of St. Louis Truck Fuel Economy Demonstration", Society of Automotive Engineers, 1978.

12. Office of Energy Conservation, "The Car Mileage Book", Energy, Mines and Resources Canada, 1977.

13. Chana, H.E. et al., "An Analytical Study of Transmission Modifications as Related to Vehicle Performance and Economy" in Automotive Fuel Economy Part-2, Progress in Technology Series No. 18, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA., 1979.

14. Hunter, D.A. and W.D. Lee, "A Study of Technological Improvements to Optimize Truck Configurations for Fuel Economy", U.S. Department of Transportation, 1975.

15. American Trucking Associations, Inc., "The 25% Solution", Washington, D.C., 1978.

16. International Trucks, "Straight Answers to Questions about Gas and Diesel Truck Power", 1979.

17. Ontario Ministry of Transportation and Communications, "Utilization of Methanol-based Fuels in Transportation", 1978.

18. N.D. Lea and Associates Ltd., "The Feasibility of Electric Vehicles in Canada", Transport Canada, 1977.

19. Becking, J.I., Paper presented at the Municipal Transportation Energy Seminar held in Toronto on May 8, 1980 by the Ontario Ministry of Transportation and Communications.

20. Chaput, H., "Energy Conservation in Urban Transit (OC Transpo)". Paper presented at the Municipal Transportation Energy Seminar held in Toronto on May 8, 1980 by the Ontario Ministry of Transportation & Communications.

21. N.D. Lea & Associates Ltd., "Opportunities for Reduction in Petroleum Products Usage in MTC Operations", Ontario Ministry of Transportation & Communications, 1978.

Les économies d'énergie dans les parcs de véhicules

8

énerSage

Pour les municipalités

Les économies d'énergie dans les parcs de véhicules

Table des matières

Introduction 1

1 Le fonctionnement du parc de véhicules 2

Conduite automobile et économies d'énergie 2

Entretien 4

Utilisation efficace des véhicules 5

Utilisation par temps froid 6

Rationalisation de la consommation 7

2 Le choix des équipements 8

Travail imposé au moteur 9

Réduction du frottement de roulement 9

Réduction des pertes de puissance au niveau des organes d'entrainement 9

Rendement du moteur 12

Évaluation des frais d'exploitation des véhicules 15

En conclusion 16

3 Résumé 16

Mesures immédiates 17

Considérations à retenir dans le choix de nouveaux équipements 17

4 Bibliographie 19

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec le ministère de l'Énergie de votre gouvernement provincial ou avec le ministère fédéral de l'Énergie, Mines et Ressources, Ottawa.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1982
N° de cat. M22-68/1982-8F
ISBN O-662-91600-X
ISBN 0-662-91592-5 (série)

Les économies d'énergie dans les parcs de véhicules

Introduction

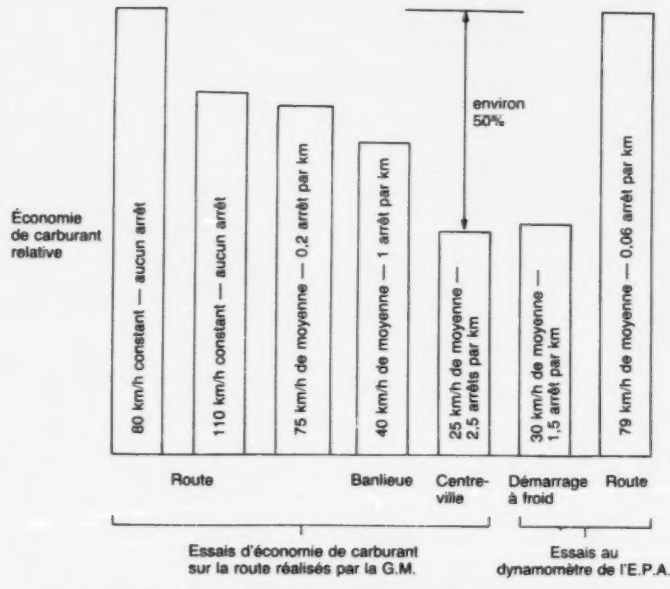
Grâce à une sélection rigoureuse de ses véhicules, à l'instauration de saines pratiques administratives et au bon sens, chaque municipalité pourrait économiser jusqu'à 25 % du carburant nécessaire au fonctionnement de son parc de véhicules. Une telle réduction de consommation de carburant se traduit de nos jours par d'importantes économies monétaires. On peut réaliser, en grande partie, ces économies, sans pour autant recourir à d'importantes dépenses en immobilisations ni à une baisse sensible dans la qualité des services offerts.

Le présent chapitre jette les bases d'un programme complet de gestion des véhicules municipaux. Les modalités des économies de carburant sont regroupées sous deux rubriques: le fonctionnement du parc de véhicules et la sélection des équipements.

La première rubrique, soit la réalisation d'économies de carburant au niveau du fonctionnement du parc de véhicules, équivaut à l'instauration de mesures visant à réduire le gaspillage de l'essence utilisée par le parc de véhicules. Cela consiste à encourager des attitudes et habitudes au volant qui dénotent le souci d'économiser le carburant, le bon entretien des

TABLEAU 1

MODES DE CONDUITE ET ÉCONOMIE DE CARBURANT



Source: "Fuel Economy Trends and Catalytic Devices", Automotive Fuel Economy, Progress Technology Series, Vol. 15, 1976.

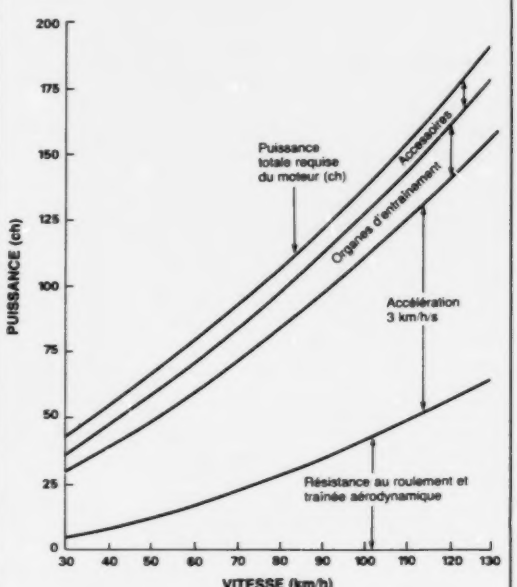
véhicules, l'utilisation efficace de ces véhicules, un système de pointage dont le but est de vérifier la consommation de carburant de chaque véhicule, la répartition efficace des tâches ainsi que la décentralisation des fonctions administratives et d'entretien lorsque cela est possible.

La réduction de la consommation de carburant par une meilleure sélection des équipements, d'autre part, peut être réalisée en choisissant le genre de véhicule approprié à la tâche qu'il faut accomplir ainsi qu'en établissant adéquatement les normes s'appliquant aux équipements et à leurs accessoires.

La présente étude traite essentiellement de mesures pouvant être appliquées immédiatement et à peu de frais. Il est à noter que, dans tous les cas, les mesures d'économie de carburant proposées ne concernent que l'économie de carburant en circulation urbaine. Elles n'ont aucunement trait aux techniques relatives à la conduite sur les voies rapides, notamment à des dispositifs aérodynamiques.

TABLEAU 2

EFFET DE LA VITESSE SUR LA PUISSANCE REQUISE



Source: U.S. Environmental Protection Agency, "Factors Affecting Automotive Fuel Economy", 1975.

1 – Le fonctionnement du parc de véhicules

Les véhicules des services municipaux sillonnent généralement les rues du centre-ville ou encore de la banlieue, avec des arrêts et des départs fréquents, de nombreuses périodes où le moteur tourne au ralenti, une vitesse moyenne peu élevée et des trajets relativement courts. Ces divers facteurs contribuent à une consommation élevée de carburant. Les cotes de consommation de carburant relevées par le ministère fédéral des Transports[1]* démontrent que la conduite en ville engendre une consommation de carburant généralement de 20 à 30 % supérieure à la moyenne, et de plus de 50 % supérieure à la consommation sur la grande route aux vitesses permises. Il est donc d'autant plus important que les véhicules des services municipaux fonctionnent à leur plus haut niveau d'efficacité.

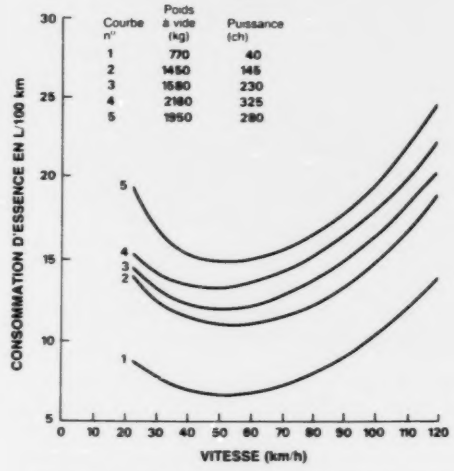
*Les chiffres renvoient aux références contenues dans la bibliographie.

Conduite automobile et économies d'énergie

Chaque conducteur peut augmenter très sensiblement son kilométrage au litre de carburant s'il est dûment intéressé et informé. Bien que l'amélioration de l'efficacité du fonctionnement des véhicules varie considérablement d'un cas à l'autre, une économie de carburant de l'ordre de 10 à 20 % n'est pas chose rare[2-8]. La mise sur pied d'un programme très poussé de formation des conducteurs[9] à la société "McDonnell Douglas Aircraft (U.S.)" a permis à cette dernière de réduire la consommation en carburant de son parc de véhicules d'une moyenne de 22,1 % par conducteur au Canada, des programmes de formation de conducteurs institués dans le but d'économiser le carburant ont vu le jour dans plusieurs administrations, par exemple, à la compagnie Bell Canada et au ministère de la Défense nationale.

TABLEAU 3

CONSOMMATION TYPE D'ESSENCE EN FONCTION DE LA VITESSE D'UNE VOITURE PARTICULIÈRE ROULANT À VITESSE CONSTANTE SUR TERRAIN PLAT



Source: Winfrey, R., "Economic Analysis for Highways", International Textbook Co., PA., 1969.

Tout programme visant à économiser le carburant doit nécessairement comporter des mesures aptes à *stimuler l'intérêt des conducteurs*. Il faut leur expliquer pourquoi on leur demande de conduire dans l'optique d'un rendement énergétique accru. Ils doivent être récompensés lorsqu'ils réduisent leur consommation de carburant et il faut les valoriser de façon ostensible lorsque les objectifs visés sont atteints.

Parallèlement, la mise en place d'un système de *vérification de la consommation de carburant* de chaque conducteur permettra tant à la direction qu'aux conducteurs de constater les résultats obtenus grâce à leurs nouvelles habitudes de conduite. À moins que ces deux éléments, soit l'intérêt suscité et la vérification du rendement, ne soient parfaitement intégrés dans un programme de gestion du carburant du parc de véhicules, il ne sera pas possible de tirer profit des autres mesures et il s'ensuivra une perte considérable de temps et d'argent.

Il importe, bien entendu, que les conducteurs de véhicules municipaux réalisent en quoi consiste une *conduite visant à économiser le carburant*. Les petites municipalités ne pourront sans doute pas mettre sur pied leur propre programme de formation des conducteurs. Cependant, les conducteurs peuvent facilement adopter certaines habitudes de conduite sans aucun entraînement. Par exemple:

- *Anticipation des arrêts* – Des études ont démontré que, dans une circulation urbaine avec arrêts et départs fréquents, il est possible de réaliser des économies de carburant de l'ordre de 8 % tout simplement en anticipant les arrêts et en ralentissant graduellement[8]. Cette manoeuvre réduit les "pertes" d'énergie occasionnées par le freinage.

- *Passage des vitesses en temps opportun* – Le conducteur devrait toujours démarrer en première vitesse et ensuite accélérer jusqu'à ce que le véhicule atteigne une vitesse suffisante permettant de passer en deuxième vitesse et ainsi de suite. Le passage prématuré peut accroître la vitesse, mais la demande de carburant est disproportionnée et une partie du carburant passe directement au système d'échappement, où il est alors brûlé et expulsé sous forme de fumée noire. Cette pratique peut aussi causer le surmenage du moteur et hâter son usure.

- *Conduite à vitesse modérée* – La puissance requise afin de vaincre la résistance de l'air et la résistance au roulement s'accroît en fonction de la vitesse. Comme l'indique le tableau 2, l'accroissement de puissance nécessaire pour augmenter la vitesse jusqu'à un niveau donné est encore plus prononcé lorsqu'on atteint des vitesses élevées. Des études ont démontré qu'un conducteur utilise de 10 à 15 % moins d'essence lorsqu'il conduit à une vitesse constante de 65 km/h plutôt qu'à une vitesse constante de 80 km/h.

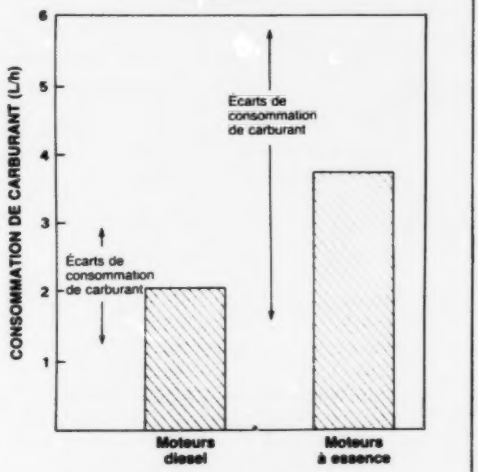
- *Diminution du régime du moteur à vitesse de croisière* – On atteint le maximum d'efficacité lorsqu'on roule à vitesse de croisière en maintenant la vitesse du moteur à la plus basse lecture de tours par minute réalisable.

- *Diminution des périodes où le moteur tourne au ralenti* – Dans le cas de camions et d'autobus circulant en zone urbaine, le temps où le moteur tourne au ralenti correspond souvent à environ 20 à 40 % de son temps total de fonctionnement, selon les contraintes du tracé et de la circulation. Au ralenti, le moteur diesel consomme environ 1,8 L de carburant à l'heure, alors qu'un moteur à essence consomme environ 3,6 L/h4,13.

Réparti sur une année, cela signifie des pertes considérables d'énergie, d'argent et de carburant. Par exemple, un gros camion en circulation urbaine gaspille plus de 2 000 L d'essence (1 200 L de carburant diesel) parce que le moteur tourne au ralenti. Même une réduction de 10 % du temps de fonctionnement au ralenti permettrait une économie substantielle.

TABLEAU 4

CONSOMMATION D'ESSENCE AU RALENTI



Source: Voluntary Truck and Bus Fuel Economy Program, U.S. Department of Transportation.

Ces habitudes destinées à économiser le carburant ont aussi d'autres effets. De bonnes habitudes de conduite diminuent de façon marquée les autres coûts relatifs à l'achat et à l'entretien d'un parc de véhicules, que ce soit par la diminution de l'usure des pneus, l'espacement des périodes d'entretien ou la prolongation de la durée du véhicule

Entretien

L'entretien périodique des véhicules contribue également à la réalisation d'économies appréciables de carburant. Les éléments suivants d'entretien d'un véhicule présentent une importance toute particulière lorsqu'il s'agit d'économies d'énergie:

- *Mise au point du moteur* – Un moteur parfaitement mis au point est certes le meilleur moyen d'optimiser la consommation de carburant. Un moteur mal réglé gaspille de 4 à 10 % de son carburant[8,15]. Afin d'assurer le rendement optimal du moteur, il convient de vérifier périodiquement le système de prise d'air: un filtre sale diminue la quantité d'air qui parvient au moteur, provoquant ainsi une combustion incomplète et donc un gaspillage de carburant. Un tuyau d'alimentation en carburant présentant des raccords défectueux ainsi qu'un système mal calibré d'alimentation en essence (clapets et injecteurs) peuvent également diminuer le rendement du moteur.

  Il convient également d'utiliser des instruments appropriés plutôt que de se fier au jugement du mécanicien à l'occasion des mises au point. Un dynamomètre de châssis, par exemple, peut diagnostiquer des problèmes qu'un mécanicien ne serait pas en mesure de détecter. Substitué à l'essai conventionnel sur route, il permet de déceler les problèmes de moteur et des organes d'entraînement à des vitesses équivalentes à celles réalisées sur route.

  D'autres instruments peuvent aussi servir à prolonger les intervalles entre les vidanges d'huile, et même, à l'occasion, au delà des recommandations du fabricant. Des analyses définissent le degré d'oxydation de l'huile, décèlent les particules métalliques et mesurent la teneur en eau afin de déterminer à quel moment le changement d'huile doit être effectué. Tout en économisant l'huile, ces pratiques prolongent la durée des moteurs et des transmissions et servent même au dépistage des défaillances mécaniques.

  Par le passé, le recyclage de l'huile était chose rare en raison des frais de récupération, d'entreposage et de transport. Toutefois, grâce à un système de récupération maison, l'huile usée peut être récupérée et utilisée dans des véhicules moins récents ainsi que pour rajuster le niveau d'huile en attendant une prochaine vidange. Lorsque la municipalité dispose d'un parc de véhicules appréciable, ces équipements se rentabilisent dans une période relativement courte.

- *Pneus* – Un défaut de parallélisme des roues et le manque de pression de gonflage provoquent un gaspillage de carburant par suite de l'accroissement de la résistance au roulement. Les essais menés aux États-Unis ont mis à jour les conséquences que pouvaient entraîner des pneus mal gonflés utilisés sur des camions à remorque; ces essais ont permis de corriger la situation et de réduire ainsi la consommation de carburant de 1 à 6 % [8,9,16] Dans l'un de ces cas, une économie de carburant de 9,7 % a été réalisée en portant la pression des pneus de 65 lb/po^2 à la pression recommandée par le fabricant, soit 100 lb/po^2. Un gonflage et un parallélisme corrects préviennent l'usure prématurée des pneus, en outre d'épargner du carburant.

- *Programmes d'entretien préventif* – Au lieu d'attendre pour réparer des véhicules que des problèmes surviennent, il s'agirait d'instituer des programmes d'entretien préventif. Il est rare que les défectuosités et les problèmes reçoivent l'attention qu'ils méritent avant d'avoir déjà considérablement diminué le rendement du véhicule, ce qui veut dire que le véhicule a roulé un certain temps avec une efficacité réduite.

  La municipalité régionale d'Ottawa-Carleton a mis sur pied un programme d'entretien préventif à cinq paliers:

  1. Le conducteur vérifie les lubrifiants, etc., quotidiennement et en ajoute.
  2. Les principales pièces mobiles sont graissées chaque semaine.
  3. Une inspection de type "A" est effectuée une fois par mois, et comprend la vérification du graissage, de l'huile, des phares, et quelques réparations mineures.
  4. Une inspection de type "B" est effectuée tous les deux mois et comprend la vérification du graissage, de l'huile, des filtres, des phares, et des courroies.
  5. La vérification de sécurité réglementaire dans la province de l'Ontario a lieu deux fois par année (l'inspection complète des freins a lieu une fois par année).

- *Mise en vigueur* – À moins de respecter intégralement les directives établies pour la gestion du carburant, il est pratiquement inutile d'établir des programmes d'entretien préventif et d'investir des sommes dans de nouveaux équipements de mise au point. Il faut donc veiller à ce que les directives soient respectées par les conducteurs et mécaniciens, et appliquer des mesures correctives au besoin.

Utilisation efficace des véhicules

Une utilisation plus efficace des véhicules peut également contribuer à des économies importantes de carburant. Il est cependant difficile d'évaluer les économies possibles en raison des disparités, d'une collectivité à l'autre, de l'importance et des services offerts par les municipalités. Cependant, puisque les mesures qui suivent n'occasionnent aucun achat d'équipement ou d'accessoires, ni programme de formation, les économies réalisées ne coûtent rien. Il suffit de procéder à une planification ultérieure.

- *Regroupement des charges* – Le simple fait de transporter une plus grande charge utile par voyage diminue le nombre de fois qu'il faut déplacer le poids du véhicule lui-même. Il en résulte un meilleur rapport entre la charge utile et le carburant requis pour la déplacer. Par exemple, la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton a transformé certains de ses camions épandeurs de sable en installant des bennes de 10 ver m^3 sur de gros camions. L'épandeur peut ainsi sillonner un territoire plus vaste sans avoir à se ravitailler aussi souvent qu'avant. Le fait de transporter de plus grandes charges utiles contribue, plus que tout autre moyen, à économiser du carburant.

  La collecte des ordures constitue un autre champ d'application possible du principe du regroupement des charges. Des considérations environnementales ont présidé au choix des emplacements des enfouissements sanitaires qui sont en général situés à l'écart des zones habitées. Il est désormais possible, dans certains cas, d'accumuler des détritus dans des postes de transit, à emplacement central, pour ensuite les transporter jusqu'à des sites d'enfouissement plus éloignés grâce à la mise en service de véhicules plus gros et beaucoup plus efficaces.

  Optimisation de la charge utile des véhicules – Il importe également de bien agencer le poids ou la quantité de ce qu'il faut transporter en fonction de la capacité de la charge utile du véhicule servant au transport. Par exemple, il ne faut pas utiliser un camion à benne

basculante pour transporter quelques objets alors qu'une camionnette à caisse ferait l'affaire. Les municipalités disposant d'un important parc de véhicules et d'une grande variété de modèles jouissent d'une plus grande souplesse pour optimiser la charge utile des véhicules.

- *Planification des circuits* – La réorganisation des circuits routiers peut éliminer des navettes inutiles. Dans les municipalités plus importantes, il faudrait éviter d'effectuer les livraisons aux heures de pointe, période de la journée où les véhicules doivent le plus souvent laisser leur moteur tourner.

- *Communications radio* – Grâce à l'utilisation de systèmes de communication, on peut réduire le nombre de trajets en modifiant le circuit déjà fixé pour le véhicule ou en l'affectant à d'autres fonctions, et ce durant les heures de pointe, périodes au cours desquelles le moteur tourne surtout au ralenti.

- *Décentralisation* – La décentralisation des diverses installations municipales associées à la gestion du parc de véhicules permet également d'économiser le carburant. En effet, les véhicules parcourent plusieurs kilomètres pour se rendre aux garages, relais, centres de stockage des carburants, dépotoirs de neige et autres installations centralisées. Une autre solution serait d'instaurer un système de cartes de crédit qui permettrait aux véhicules de s'approvisionner en carburant à des postes d'essence désignés.

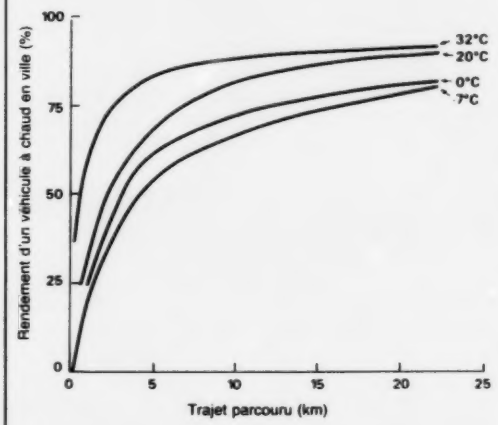
- *Activités hivernales* – Le recours au déneigement et à l'épandage de sel et de sable devrait être examiné étant donné qu'une réduction de la fréquence de ces activités peut entraîner des économies de carburant sans nuire sensiblement à la sécurité. D'autre part, ces économies pourraient se révéler illusoires et devraient être soigneusement évaluées. En effet, selon certaines études, une réduction du déneigement peut entraîner une nette augmentation de la consommation de carburant en raison de l'augmentation de la résistance au roulement des pneus des véhicules sur la neige. Selon une étude effectuée à Milwaukee, 18 L de carburant supplémentaires seraient brûlés pour chaque litre de carburant économisé par suite de la réduction des activités de déneigement.

Utilisation par temps froid

Les municipalités canadiennes étant soumises, pour la plupart, à des hivers rigoureux, l'effet des basses températures sur le fonctionnement des véhicules mérite une attention particulière. En effet, un véhicule n'atteint pas son niveau maximal de rendement avant que chacune de ses composantes, par exemple, pneus, moteur, paliers de transmission et de roues, parvienne au seuil de la température prévue pour son bon fonctionnement. La consommation de carburant est plus élevée lorsqu'un moteur fonctionne à basse température. Par exemple, la consommation de carburant peut doubler, sur un trajet d'une demi-heure en automobile, par une température ambiante de –20°C par rapport à une température estivale de 15°C. Puisque la durée des trajets en ville est généralement inférieure à une demi-heure, il s'ensuit une perte considérable de carburant par temps froid.

TABLEAU 5

EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR L'ÉCONOMIE DE CARBURANT



Source: "Customer Fuel Economy Estimated from Engineering Tests", Automotive Fuel Economy, Progress in Technology Series, Vol 15, 1976.

Suivent plusieurs mesures permettant d'économiser le carburant:

- L'utilisation d'un chauffe-moteur jumelé à une minuterie peut se révéler très rentable. Le chauffe-moteur permet au moteur d'accéder plus rapidement à un niveau de rendement estival, en maintenant la température du bloc-moteur au-dessus de la température ambiante. Grâce à une minuterie branchée au chauffe-moteur, la quantité d'énergie électrique consommée est minime comparativement au nombre de litres de carburant économisés.

- Lorsque les véhicules municipaux sont remisés à l'intérieur d'un bâtiment, il n'est pas toujours nécessaire de chauffer l'aire de stationnement. les véhicules en état de marche peuvent demeurer dans un bâtiment froid, alors que seuls les véhicules ayant besoin de réparations sont conduits dans un atelier chauffé.

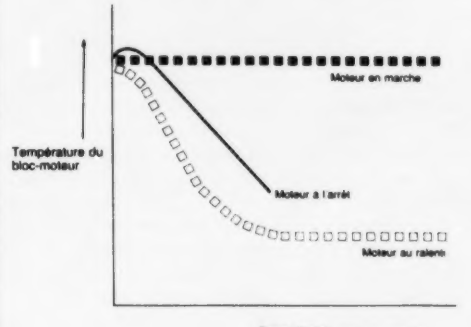
- Contrairement à la croyance populaire, le fait de laisser fonctionner un véhicule au ralenti le temps d'une escale de livraison ne maintient pas le moteur chaud. Un moteur qui marche au ralenti refroidit plus vite qu'un moteur à l'arrêt. En effet, un moteur qui tourne au ralenti perd sa chaleur en raison du fonctionnement continu des systèmes de refroidissement et d'échappement. Puisque ces systèmes s'arrêtent lorsque le moteur est à l'arrêt, le fait de couper le contact conserve plus de chaleur à court terme que si on laisse le moteur tourner au ralenti.

- Un servo-ventilateur favorise le réchauffement rapide du moteur et prévient le refroidissement excessif en hiver. Des essais ont démontré que de tels ventilateurs accroissent sensiblement le rendement du carburant. Des volets de radiateurs permettent d'économiser du carburant dans une proportion d'environ 2 %.

- Il faut éviter les trajets courts en regroupant plusieurs sorties et divers circuits en un nombre restreint de sorties.

TABLEAU 6

BAISSE DE LA TEMPÉRATURE DU BLOC-MOTEUR EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Source: General Motors Corporation, "Truck Selection", 1977

Rationalisation de la consommation

Un programme de rationalisation de la consommation devrait faire état de l'utilisation de chaque litre de carburant acheté par une municipalité. Bien qu'un tel programme ne se traduise pas par une économie de carburant comme telle, il permet aux gestionnaires d'un parc de véhicules d'établir la façon d'améliorer le rendement du carburant et de découvrir les excès de consommation, que ces problèmes soient dus à une défectuosité des équipements, à un mauvais entretien ou encore à de mauvaises habitudes de conduite.

- *Surveillance de la consommation de carburant* – Dans un premier temps, la consommation de carburant de chaque véhicule peut être déterminée en enregistrant avec précision la lecture de l'odomètre et le nombre de litres requis chaque fois que l'on refait le plein.

  Parmi les méthodes plus poussées figurent l'installation d'instruments comme des tachygraphes, qui enregistrent avec succès les habitudes de conduite à l'origine du gaspillage de carburant comme les excès de vitesse, les arrêts en catastrophe et les accélérations rapides.

De petits ordinateurs d'intérieur de véhicules sont récemment apparus sur le marché. Ces compteurs numériques de carburant renseignent instantanément les conducteurs sur leurs habitudes de conduite.

Les municipalités devraient envisager l'installation de postes de ravitaillement en carburant à leurs terrains et garages. Cette mesure garantira la tenue rigoureuse des fiches de consommation de carburant propres à chaque véhicule et empêchera aussi les vols.

En outre d'être à la base de bonnes décisions administratives, la tenue de statistiques sur le carburant joue un rôle important dans les programmes de motivation des conducteurs. Le fait de tenir des statistiques précises encourage en soi chaque employé à économiser le carburant.

- *Révision de la politique d'achat* – Les municipalités qui possèdent leurs propres pompes à essence peuvent aussi revoir leur politique d'achat de carburant et, en conséquence, n'accepter les livraisons estivales (par temps chaud) qu'au cours de la matinée afin de réduire autant que possible les pertes dues à l'évaporation, puis relever les livraisons de carburant en poids, et non en gallons. En ce qui a trait aux livraisons estivales, le relevé des livraisons en poids est plus précis que le relevé en litres, surtout si le carburant est livré en début de matinée, lorsqu'il fait encore frais et que le carburant n'a pas eu le temps de se dilater. La société "McDonnell Douglas" estime qu'elle gagne quelque 2 250 L de carburant par mois en suivant ces règles élémentaires.

2 – Le choix des équipements

Que l'achat de véhicules de remplacement soit fait annuellement ou simplement à l'occasion, il est important de connaître les options disponibles à l'heure actuelle ainsi que celles entrevues dans

Tableau 7

Genres, poids et consommation de carburant des véhicules municipaux

Genre de véhicule		Poids (kg)	Consommation type en ville en L/100km1
Automobile	Sous-compacte	moins de 1 150	10[2]
	Compacte	1 150 à 1 500	9-12
	Intermédiaire	1 500 à 1 650	11-13
	Grande	plus de 1 650	12
Camion	Léger	moins de 4 500	18-30[3]
	Moyen	4 500 à 8 900	36-44
	Mi-lourd	8 900 à 11 800	37-47
	Lourd	plus de 11 800	36-69 (diesel)
Autobus	Fourgonnette	moins de 4 500	environ 19
	Mini-bus	4 500 à 8 900	non disponible
	Scolaire	plus de 11 800	43-52
	Transp. en commun	plus de 11 800	environ 44 (diesel)

1. Calcul: X milles au gallon = $\frac{282,5 \text{ L/100 km}}{X}$

2. Résultats des essais de consommation de carburant effectués par le ministère des Transports[1].

3. Consommation de carburant pour camions et autobus en marche obtenue auprès de divers exploitants. Voir les références bibliographiques[2,3,4,5,6].

l'avenir pour permettre d'améliorer les économies de carburant. Pour établir les spécifications des nouveaux équipements, les gestionnaires de parcs de véhicules doivent se rappeler que l'économie de carburant est étroitement liée à la puissance du moteur (ch) ainsi qu'à son rendement du moteur.

Travail imposé au moteur

Pour déplacer un véhicule, quel qu'il soit, le moteur doit produire la puissance nécessaire pour vaincre les facteurs de résistance suivants:

- le frottement de roulement;
- les pertes d'énergie dans les organes d'entraînement;
- la résistance de l'air; et
- les accessoires.

Le tableau 2 illustre l'importance relative de ces divers facteurs en fonction de la vitesse du véhicule. À faible vitesse, régime type de la conduite en ville, le travail imposé au moteur est principalement dû au frottement de roulement. Le facteur de résistance à l'air, pour sa part, ne devient important que lorsque la vitesse du véhicule dépasse 50 km/h. Il est toutefois possible de prendre les mesures appropriées qui accroîtront le rendement énergétique du véhicule.

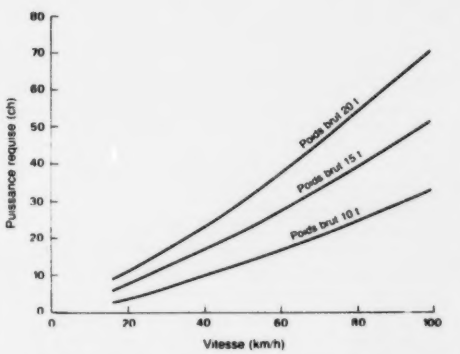
- *Réduction du frottement de roulement* – Le frottement est une perte de puissance du véhicule au niveau des pneus et des paliers. Les caractéristiques des pneus utilisés ainsi que le poids du véhicule influent sur le frottement; il faut donc tenir compte de ces facteurs dans le choix des équipements.

  – Réduction du poids à vide – L'achat d'un véhicule léger est l'une des meilleures façons d'économiser le carburant. Dans le cas de voitures particulières, par exemple, les municipalités devraient songer à remplacer les grosses voitures par des voitures compactes ou même sous-compactes. Bien qu'une économie accrue de carburant soit partiellement attribuable au fait que le moteur soit plus petit dans les voitures compactes et sous-compactes, il faut également reconnaître que le poids du véhicule, plus que tout autre facteur, influe sur sa consommation de carburant. Dans le cas de camions, surtout lorsqu'ils transportent habituellement une charge bien inférieure à leur capacité maximale, il y aurait avantage à les remplacer par des modèles plus petits et plus légers.

  – Pneu radial ou pneu standard – Tous les pneus sont appelés à absorber une quantité appréciable d'énergie lorsqu'ils roulent et se déforment pendant le déplacement du véhicule. Toutefois, puisque les pneus radiaux absorbent moins d'énergie que les pneus à plis ordinaires, il y a encore ici possibilité de réduire la consommation de carburant du véhicule. Le potentiel d'économie de carburant varie selon le type de véhicule et son rayon d'action. Quoi qu'il en soit, il faut tenir compte des défaillances des flancs des pneus radiaux, surtout en circulation urbaine où le véhicule peut heurter plus fréquemment des trottoirs, tout en considérant les avantages qu'ils confèrent en matière de durée du pneu et d'économie de carburant.

TABLEAU 6

RAPPORT ENTRE LA VITESSE ET LA PUISSANCE REQUISES AFIN DE VAINCRE LA RÉSISTANCE AU ROULEMENT ET LE POIDS BRUT D'UN VÉHICULE



Source General Motors Corporation "Truck Selection" 1977

- *Réduction des pertes de puissance au niveau des organes d'entraînement* – Le manque d'efficacité des pièces mécaniques d'entraînement provoque une perte d'énergie que le moteur se doit de compenser. Cependant, les organes d'entraînement diffèrent d'un véhicule à l'autre, même entre véhicules de grandeur et de classification identiques et la formulation de spécifications adéquates permettrait ainsi des économies de carburant.

– **Boîte de vitesses manuelle ou automatique** – Un véhicule à boîte de vitesses manuelle conduit convenablement permet de réaliser de plus grandes économies de carburant qu'un véhicule à boîte automatique. Il est généralement possible d'économiser jusqu'à 10 % du carburant, selon les résultats d'essais effectués sur de petites voitures. Ainsi, le choix d'une voiture particulière à boîte de vitesses manuelle peut faire réaliser une économie de carburant.

  Avant d'opter pour une boîte de vitesses manuelle plutôt qu'automatique, il faut prendre en considération le nombre de personnes qui conduiront le véhicule, leur formation, ainsi que les conditions dans lesquelles elles conduiront. Le potentiel d'économie réalisable grâce à une boîte de vitesses manuelle ne sera pas atteint si le véhicule est conduit d'une façon telle que le passage des vitesses n'est pas effectué correctement (essoufflement ou emballement du moteur).

  Si le véhicule n'est conduit que par une seule personne qui a reçu une bonne formation, le choix d'une boîte de vitesses manuelle devrait alors être envisagé. D'autre part, les passages de vitesse fréquents qu'entraîne une circulation dense ainsi que la fatigue résultant d'une longue journée au volant font qu'il est peu probable que le potentiel d'économie de carburant soit atteint. De plus, le fait qu'un véhicule est utilisé par un certain nombre de conducteurs, surtout si ces conducteurs n'ont pas beaucoup d'expérience de la conduite des véhicules à boîte de vitesses manuelle, rend plus difficile la tâche de s'assurer que le véhicule est conduit de manière efficace. Dans ce cas, il serait plus prudent de choisir un véhicule à boîte automatique.

Tableau 9

Économies de carburant grâce à l'utilisation de pneus radiaux, suivant le type de véhicule utilisé et son rayon d'action

Type de véhicule	Rayon d'action	
	Local	Court rayon
	%	
Poids moyen (Classes III-V)	3-9	4-9
Poids mi-lourd (Classe VI)	3-8	5-10
Fourgonnette (10t)	0	1,4
Poids lourd (Classes VII – VIII)	3-8	5-10
Camion à benne basculante (28t)	8,4	6,0

– Boîte de vitesses automatique améliorée – L'économie de carburant réalisée par l'utilisation d'un véhicule à boîte automatique peut être optimisée en augmentant le nombre de vitesses, soit quatre ou cinq, au lieu des deux ou trois vitesses habituelles. Ces vitesses supplémentaires favorisent l'harmonisation de la vitesse du moteur et du couple de torsion avec la demande de puissance. Dans le cas des voitures particulières, il est possible de réaliser une économie de carburant d'environ 5 % grâce à l'utilisation d'une boîte de vitesses automatique à quatre rapports plutôt qu'à trois rapports. Plusieurs voitures sous-compactes sont maintenant équipées de ce type de boîte de vitesses automatique.

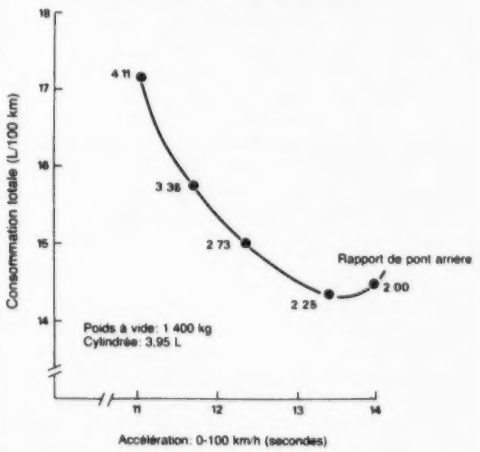
L'économie de carburant peut être améliorée davantage grâce au recours à un dispositif de blocage du convertisseur de couple. Un tel dispositif élimine les glissements du convertisseur qui se produisent habituellement en vitesse de croisière. Des boîtes de vitesses automatiques à quatre ou cinq rapports munies d'un tel dispositif de blocage se retrouvent maintenant dans les autobus scolaires et autres; une économie de carburant de l'ordre de 10 à 20 % est prévue[3,20]. Bien que ces dispositifs de blocage ne soient pas actuellement disponibles pour tous les modèles de véhicules légers, on peut se les procurer pour certaines voitures particulières, qui enregistrent alors une économie de carburant de l'ordre de 6 %. Il est prévu que de tels dispositifs deviendront bientôt de plus en plus fréquents dans les voitures et les camions légers.

– Réduction du rapport de démultiplication – Il est possible de réaliser d'importantes économies de carburant en modifiant, s'il y a lieu, les rapports actuels de la boîte de vitesses de manière à réduire le rapport de pont arrière des véhicules. Cette réduction occasionne une diminution de la vitesse requise du moteur pour déplacer le véhicule à une vitesse donnée; ainsi, une économie de carburant d'environ 5 % est réalisable sur un trajet comportant de la conduite en ville et sur route [3-21].

Comme l'indique le tableau 10, le fait de réduire le rapport de pont occasionne certes une perte d'accélération mais n'a pour ainsi dire aucun effet sur la durée du trajet.

TABLEAU 10

COMPARAISON ENTRE LA CONSOMMATION DE CARBURANT ET LE RENDEMENT SUIVANT DIVERS RAPPORTS DE PONT ARRIÈRE



Source: "Car Design for Economy and Emissions", Automotive Fuel Economy, Progress in Technology Series, Vol 15, 1978

– Essieu mort – Certains camions lourds, par exemple les camions à benne basculante, sont munis d'essieux arrière doubles, lesquels consomment de l'énergie. Des essais ont permis d'établir qu'une économie de carburant de 2 à 4 % est possible en remplaçant ce genre d'essieu par un système d'essieu d'entraînement unique combiné à un essieu "mort"[3]. Un tel système occasionne sans doute une certaine perte de traction, mais ses effets se font surtout sentir au niveau de la conduite hors route, notamment le transport de gravier.

– Réduction de la résistance de l'air – Il appert, à la lecture du tableau 2, que la résistance de l'air en conduite urbaine exerce sur le moteur une contrainte considérablement inférieure à celle qu'exerce le frottement de roulement. L'efficacité des dispositifs conçus pour

économiser le carburant par la réduction de la résistance de l'air dépendra donc du rayon d'action du véhicule. Dans le cas d'un camion, par exemple, à moins qu'il ne soit appelé à effectuer habituellement des trajets sans arrêt sur route, le recours à des dispositifs de réduction de la traînée aérodynamique ne permet de réduire que de 1 à 2 % la consommation de carburant du véhicule[3].

Des études ont cependant permis de démontrer que le recours à des dispositifs de réduction de la traînée aérodynamique, à grande vitesse, a contribué à réduire la consommation de carburant de 3 à 10 %[3,4]. Par contre, l'utilisation de déflecteurs est inefficace et peut même accroître la quantité de carburant consommée par un camion dont la cabine dépasse en hauteur la partie arrière du camion.

– Servo-ventilation du radiateur – Le ventilateur est à lui seul l'élément le plus exigeant, au point de vue énergétique, parmi toute la gamme d'accessoires d'un véhicule; et pourtant, le recours au ventilateur n'est normalement nécessaire que durant moins de 35 % du temps pendant lequel le moteur tourne. La fréquence du recours au ventilateur varie en fonction de divers paramètres.

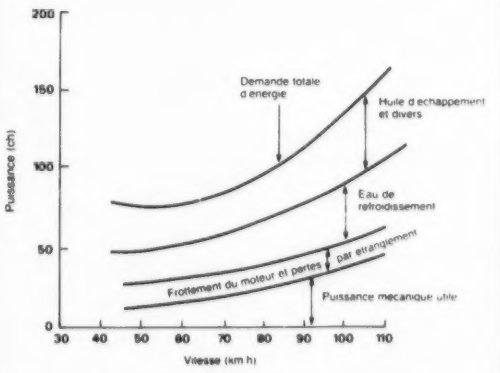
La conduite à arrêts et départs fréquents, typique du genre d'utilisation réservée à la plupart des véhicules municipaux, nécessite davantage le recours au ventilateur que la conduite à vitesse de croisière. En revanche, le besoin de recourir au ventilateur se fait moins sentir par temps froid, facteur important à considérer vu la situation géographique des municipalités canadiennes.

Puisque l'utilisation d'un ventilateur n'est pas requise durant la plupart du temps pendant lequel tourne le moteur, le moteur est maintenu froid inutilement, d'où le gaspillage du carburant ainsi requis par le fonctionnement du ventilateur. Grâce à l'installation d'un ventilateur thermostatique débrayable, communément appelé "ventilateur à visco-compteur", il est possible de réaliser une économie de carburant variant entre 4 et 7 % dans le cas de camions circulant en milieu urbain[3,4]. Le recours au servo-ventilateur offre également un autre avantage, celui de diminuer le niveau du bruit lorsque le ventilateur n'est pas en marche.

- *Rendement du moteur* – Le rendement du moteur détermine le pourcentage de l'énergie dégagée par la combustion qui est transformée en énergie mécanique utile. Seulement 10 à 30 % de cette énergie se trouve effectivement transformée en énergie mécanique; le reste est évacué en grande partie par l'échappement ou l'eau du système de refroidissement.

TABLEAU 11

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE D'UN MOTEUR D'AUTOMOBILE DE GROSSE CYLINDRÉE



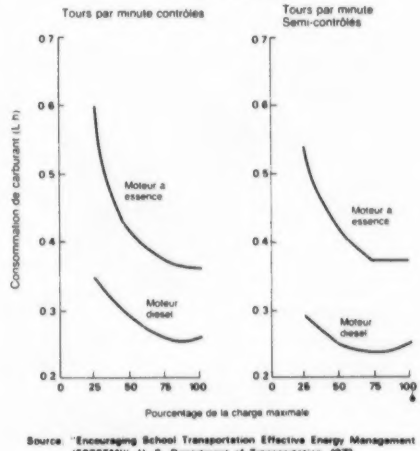
Source: U.S. Environmental Protection Agency, "Factors Affecting Automotive Fuel Economy", 1975

Certaines mesures peuvent être adoptées au moment de l'achat de nouveaux véhicules afin d'obtenir le meilleur rendement possible du moteur de ces véhicules.

– Moteurs à essence ou moteurs diesel – Comme l'indique le tableau 12, d'importantes économies de carburant peuvent être réalisées en substituant des moteurs diesel aux moteurs à essence. Étant donné qu'un moteur diesel fonctionne à des températures et à des pressions beaucoup plus élevées, la combustion de ce moteur est plus efficace que celle d'un moteur à essence; de plus, le carburant diesel contient environ 12 % plus d'énergie que n'en contient l'essence, à volume égal.

TABLEAU 12

ÉCONOMIE D'ESSENCE DU MOTEUR EN FONCTION DE LA VITESSE ET DE LA CHARGE



Source: "Encouraging School Transportation Effective Energy Management (ESTEEM)", U. S. Department of Transportation, 1977.

Pour la conduite urbaine avec arrêts et départs fréquents, la supériorité du rendement énergétique du moteur diesel est encore plus prononcée. En effet, alors que de telles conditions entraînent, avec le moteur à essence, un réchauffement excessif, le moteur diesel résiste bien, quant à lui, aux pressions internes plus élevées qui en résultent. De plus, le moteur diesel consomme au ralenti moins de carburant que son rival, en raison du fait qu'il tourne à un régime moins élevé (voir le tableau 4). En conduite urbaine, donc, des économies de carburant de 20 à 40 % sont réalisables grâce au remplacement des moteurs à essence par des moteurs diesel (voir références[2,3,4,5,13,16]).

La municipalité régionale d'Ottawa-Carleton a comparé la consommation de carburant de ses camionnettes à caisse d'une demi-tonne et de ses camions épandeurs dotés de moteurs diesel et à essence. Elle a enregistré une amélioration de consommation de carburant de 78 à 83 % dans le cas des véhicules à moteur diesel.

Jusqu'à tout récemment, seuls les camions lourds et les poids moyens étaient dotés de moteurs diesel. Dorénavant, en raison de l'augmentation incessante du prix de l'essence, les moteurs diesel apparaîtront de plus en plus dans les modèles de camions légers et les voitures particulières. Bien qu'un véhicule à moteur diesel coûte plus cher à l'achat qu'un véhicule équipé d'un moteur à essence, le modèle diesel s'avère généralement moins dispendieux, à long terme. En effet, non seulement est-il possible de réaliser des économies de carburant, mais en plus, la fiabilité et la durabilité sans pareilles du moteur diesel assurent également des économies intéressantes au niveau de l'entretien du véhicule.

– Le propane – Le gaz propane, un des sous-produits du traitement du gaz naturel et du raffinage du pétrole, se retrouve en quantités appréciables au Canada. La substitution de l'essence par le propane dans les transports permettrait donc de réduire les importations de pétrole.

Le propane est actuellement utilisé à titre expérimental dans plusieurs villes canadiennes, surtout dans les provinces de l'Ouest, là où il n'est pas cher. Ces expériences sont en cours dans Vancouver-Ouest, avec des autos-patrouilles du service de police, et à Calgary, avec des taxis.

Le Programme énergétique national du gouvernement fédéral fournit des

encouragements allant jusqu'à 400 $ par véhicule pour l'adoption du propane dans les parcs de véhicules commerciaux, agricoles et municipaux*.

Le gouvernement de l'Ontario vient de lancer un programme baptisé "Drive Propane" afin d'inciter les gestionnaires à adopter le propane dans leurs parcs de véhicules commerciaux; le succès de ce programme sera certes favorisé par la décision du gouvernement d'exempter ces utilisateurs de propane de la taxe de 21c. applicable aux autres carburants.

Le ministère de la Défense nationale a également annoncé son intention d'adopter le propane pour une partie importante de son parc de véhicules. Les frais de substitution varient entre 1 200 $ et 2 000 $ pour chaque véhicule, une moitié couvrant le coût des pièces et l'autre la main-d'oeuvre. Cependant, l'accroissement de la demande de substitution par le propane pourrait certainement engendrer une importante réduction de ces frais. Si les nouveaux véhicules en production sortaient de l'usine déjà équipés de moteurs au propane, les frais supplémentaires pour chaque véhicule pourraient ne pas dépasser 300 $.

Le prix du propane n'est pas le même partout au Canada. Il est plus bas dans les provinces de l'Ouest qu'il ne l'est dans les provinces du Centre ou de l'Est du Canada. L'avènement d'une demande accrue de propane aux fins du transport devrait assurer la stabilisation des prix, en amenuisant les variations saisonnières de la demande et en favorisant quelque peu le cloisonnement du marché canadien par rapport au marché américain. Le propane est aujourd'hui disponible dans le centre du Canada et, comme sous-produit du gaz provenant de l'exploitation des nappes de la côte est du Canada, il offre des perspectives encourageantes dans les provinces Maritimes.

Un moteur au propane peut consommer soit autant, soit jusqu'à 10 % de plus de carburant qu'un moteur à essence, selon le type de substitution choisi et le genre de véhicule. Voici certains avantages des moteurs au propane:

- durée accrue du moteur
- durée accrue des huiles lubrifiantes
- durée accrue des bougies d'allumage
- diminution du temps d'immobilisation du véhicule

- La suralimentation – La suralimentation accroît la puissance disponible du moteur en activant une turbine à l'aide des gaz d'échappement du moteur. Cette turbine est reliée à un rotor, lequel injecte un surplus d'air dans les cylindres. Un moteur suralimenté atteint des températures et des pressions plus élevées qu'un moteur plus puissant, mais non suralimenté. Le rendement accru du moteur se traduit par une économie de carburant allant jusqu'à 10 % pour un moteur diesel et de 15 à 20 % pour un moteur à essence, dans le cas des véhicules conduits au Canada[3,4,13,15,22]

- Réduction de la puissance nominale du moteur – Ce procédé consiste simplement à réduire la puissance (ch) d'un moteur diesel. Les injecteurs de carburant sont ajustés de manière à fournir moins de carburant qu'il n'en faut pour produire la puissance maximale nominale du moteur. A condition que la puissance ainsi obtenue convienne aux exigences de la tâche que doit accomplir le véhicule en question, la réduction de la puissance nominale du moteur en prolongera la durée, réduira les coûts d'entretien et permettra une économie de carburant de 2 à 5 %[3,13]. Cette réduction de puissance peut être effectuée sur les véhicules existants et exigée lors de l'achat de

*Pour plus de renseignements, communiquer avec le bureau du Programme de subvention pour les véhicules au propane, 580, rue Booth, Ottawa K1A 0E4.

nouveaux véhicules. Un moteur ainsi transformé peut être modifié afin de retrouver sa puissance d'origine, au besoin, et ce, à peu de frais.

- Réduction du régime du moteur diesel (révolutions par minute) – Un moteur diesel classique est habituellement conçu pour fonctionner à un régime maximal d'environ 2 100 révolutions par minute (rpm); une fois ce régime atteint, un régulateur contrôle le débit de carburant destiné au moteur et empêche ainsi toute accélération du régime du moteur. Par contre, un moteur atteint son rendement optimal en carburant lorsqu'il tourne à un régime de 1 600 à 1 800 rpm. Il est donc possible d'économiser davantage de carburant en enseignant aux conducteurs à rouler à une vitesse d'environ 20 % inférieure à la vitesse contrôlée par le régulateur, sur le rapport le plus élevé. Ou encore, il est possible d'ajuster le régulateur en conséquence, de façon à obliger le conducteur à faire tourner le moteur à une vitesse voisine de celle qui assure le rendement optimal en carburant.

  La réduction du régime du moteur peut faire économiser 7 à 10 % de carburant[3,13]. Cependant, il faut tenir compte de la durée accrue des parcours accomplis par chaque conducteur et, facteur encore plus important, de l'augmentation de la fréquence des passages des vitesses.

- Injection de carburant – Dans la plupart des moteurs à essence, le mélange d'air et d'essence s'effectue grâce à un seul dispositif, le carburateur. Le mélange ainsi obtenu est ensuite propagé dans les cylindres. Il arrive parfois que ce mélange ne soit pas également distribué dans chacun des cylindres, ce qui provoque la formation de zones pauvres en essence et de ratés, à moins que le carburateur ne distribue une quantité supplémentaire de carburant. Pour éviter ces problèmes, on peut poser des injecteurs de carburant dans chaque cylindre. Selon certaines études, une économie de carburant allant jusqu'à 10 % a été réalisée grâce à l'installation de systèmes à injection de carburant plutôt que de carburateurs dans les moteurs à essence[2,3,4].

Évaluation des frais d'exploitation des véhicules

Bon nombre des accessoires conçus en vue d'économiser l'énergie mentionnés dans le présent texte contribuent à l'augmentation du prix initial d'un véhicule, mais favorisent également une diminution des coûts en carburant et même, selon le dispositif choisi, une augmentation ou une diminution des frais d'entretien pour la période d'utilisation du véhicule. La rentabilité de tels accessoires doit être calculée en tenant compte de tous les coûts touchés par l'adjonction des accessoires requis, répartis sur la période d'utilisation du véhicule, et pas seulement du prix d'achat du véhicule.

Les frais d'exploitation d'un véhicule sont ordinairement entraînés par:

- le carburant et l'huile
- l'entretien et les réparations (moteur et carrosserie)
- l'achat de pneus
- l'immatriculation
- les assurances
- le stationnement et la mise au garage

Si l'on fait abstraction des coûts relatifs à l'immatriculation, aux assurances et au stationnement, lesquels seront vraisemblablement les mêmes, peu importe les accessoires choisis, les décisions relatives au choix des équipements devront mettre en concurrence les facteurs qui suivent:

Différence du coût d'acquisition du véhicule (ou du coût d'adjonction de nouveaux accessoires), y compris l'amortissement calculé sur la période d'utilisation du véhicule.	c.	Différence dans les coûts annuels du carburant et de l'huile, de l'entretien et des réparations, et de l'achat de pneus.
(augmentation)		(diminution)

Ce calcul devrait être établi sur une base annuelle (ou encore au kilomètre parcouru) et échelonné sur la période d'utilisation du véhicule ou des accessoires. La plupart des renseignements requis pour établir le total des frais d'exploitation sont généralement fournis par le fournisseur de l'équipement en question. La partie 4 de la présente série de brochures, intitulée "Analyse

financière des mesures d'économie d'énergie", étudie les techniques que l'on peut utiliser pour analyser le rapport coût-efficacité des mesures d'économie d'énergie.

Suit une illustration de l'application de ce principe:

Comparaison du moteur diesel avec le moteur à essence pour un camion de poids moyen

- *Calcul des économies (amortissement simple)*

Économies totales (carburant et entretien) par année à partir de l'achat du moteur diesel	1 414 $
Investissements supplémentaires	3 300 $
Période d'amortissement simple	2,33 ans (3 300 – 1 414)

- *Calcul de la valeur actuelle nette**

Durée du véhicule	10 ans
Valeur actuelle des économies annuelles, compte tenu d'un escompte de 12 %	7 989 $
Valeur actuelle des investissements	3 300 $
Valeur actuelle nette	4 689 $

Il apparaît clairement que la valeur des économies en énergie et en entretien justifie les dépenses supplémentaires.

*Il n'a pas été tenu compte de la valeur de récupération. Dans le présent cas, la valeur actuelle nette signifie la valeur actuelle des économies totales résultant de cet investissement au cours des dix années d'utilisation du véhicule, exprimées en dollars actuels.

En conclusion

Lors de l'achat de nouveaux équipements, un des facteurs à ne pas oublier est le processus d'achat lui-même. Il faut donner au fournisseur le plus possible de renseignements quant aux fonctions de chacun des véhicules et à leurs conditions d'utilisation. Par exemple, il serait bon de lui indiquer la distance moyenne que le véhicule est appelé à parcourir ainsi que la vitesse requise, les dimensions, le poids et le genre de marchandises à transporter, les routes que devront emprunter les véhicules et les aptitudes des conducteurs. Enfin, il faut veiller à ce que chaque accessoire demandé soit réellement nécessaire et qu'il existe un service après vente adéquat.

3 – Résumé

Les mesures d'économie de carburant énoncées dans la présente partie sont résumées à la page suivante, où l'on pourra également trouver une évaluation de l'économie réalisée grâce à leur mise en application. Ces évaluations sont le fruit d'essais scientifiques et de l'expérience de divers exploitants de parc de véhicules. Les économies que pourrait réaliser une municipalité donnée sont non cumulatives et seront fonction des divers paramètres propres à cette municipalité, par exemple le climat, la concentration de la population et la topographie de la région. En outre, tous ces facteurs n'ont pas la même importance d'une municipalité à une autre. Enfin, plusieurs gestionnaires auront déjà pris certaines dispositions afin de réduire la consommation de carburant de leur parc de véhicules par la mise en oeuvre de diverses techniques dont il a été question.

La recherche et l'expérience dans ce domaine ont toutefois clairement démontré l'importance de l'adoption de bonnes habitudes au volant, d'une saine gestion du carburant et du parc de véhicules et du choix minutieux de ces équipements si une municipalité désire réaliser d'importantes économies de carburant et d'argent.

Mesures immédiates

Les méthodes suivantes visant à économiser le carburant pourraient être appliquées immédiatement et à peu de frais:

- La mise en oeuvre d'un système d'enregistrement et de contrôle de la consommation de carburant de chaque véhicule.

- Un programme incitant à l'adoption d'habitudes de conduite susceptibles de faire économiser le carburant, comme l'anticipation des arrêts, les passages de vitesse opportuns, l'installation de tachygraphes, la réduction de la vitesse, l'élimination des temps de ralenti inutiles.

- L'utilisation plus efficace des véhicules par le regroupement des charges, l'optimisation de la capacité des véhicules et des itinéraires ainsi que l'adoption de pratiques visant un rendement énergétique accru par temps froid.

- Un entretien adéquat, comprenant des vérifications et mises au point périodiques, le gonflage adéquat des pneus et le parallélisme des roues ainsi qu'un programme d'entretien préventif.

Considérations à retenir dans le choix de nouveaux équipements

Lorsqu'il s'agit de remplacer des pièces de véhicules ou d'acheter de nouveaux véhicules, il faudrait tenir compte des facteurs suivants:

- des véhicules plus légers équipés de moteurs de petite cylindrée;
- des pneus radiaux;
- le choix d'une boîte de vitesses manuelle ou d'une boîte automatique améliorée;
- la réduction des rapports de pont;
- les essieux morts, pour camions lourds;
- l'exigence d'accessoires à bon rendement énergétique (par exemple, un servo-ventilateur);
- le remplacement de moteurs à essence par des moteurs diesel ou au propane;
- l'amélioration du rendement du moteur par la suralimentation, la réduction de sa puissance nominale, la réduction de la vitesse du moteur et l'injection du carburant; et
- les moteurs à charge stratifiée.

(Voir tableau 13, page suivante)

Tableau 13

Résumé des dispositions à prendre pour économiser le carburant

1. GESTION DES PARCS DE VÉHICULES	Économies réalisées (%)*
• Habitudes de conduite visant à économiser le carburant (par exemple, anticipation des arrêts, embrayage des vitesses en temps opportun, fonctionnement à vitesse réduite, diminution des périodes où le moteur tourne au ralenti).	10 à 20
• Entretien approprié	
– mises au point régulières	4 à 10
– pression d'air adéquate dans les pneus	1 à 6
– entretien préventif	—
• Meilleure utilisation du véhicule	—
– regroupement des charges, optimisation de la capacité, planification améliorée et fonctionnement par temps froid.	

2. CHOIX DES ÉQUIPEMENTS	Économies réalisées (%)*
• Réduction de la puissance du moteur	
– réduction du poids à vide	—
– pneus radiaux	3 à 10
– boîte de vitesses manuelle ou boîte atomatique	—
– boîte de vitesses automatique améliorée: quatre ou cinq rapports	5
dipositif de blocage du convertisseur de couple: autobus	10 à 20
automobile	6
– réduction du rapport de démultiplication	jusqu'à 5
– essieu mort	2 à 4
– dispositifs aérodynamiques	1 à 2
– servo-ventilateur de radiateur	4 à 7
– volets de radiateur	2
• Rendement accru du moteur	
– remplacement des moteurs à essence par des moteurs diesel	20 à 40
– suralimentation: diesel	jusqu'à 10
essence	15 à 20
– réduction de la puissance nominale du moteur	2 à 5
– réduction de la vitesse du moteur	7 à 10
– injection de carburant	jusqu'à 10

*Chiffres tirés du texte.

4 – Bibliographie

La bibliographie qui suit indique les sources où les intéressés peuvent obtenir des renseignements supplémentaires à propos des diverses mesures préconisées dans le présent document. Malheureusement, l'on ne dispose pas, à l'heure actuelle, d'un grand nombre d'ouvrages techniques traitant de la gestion efficace des carburants pour un parc de véhicules; cependant, ces références fournissent de précieux renseignements sur des mesures précises.

1. Direction de la sécurité routière, "Guide 1980 – Consommation de carburant", édition 2, ministère des Transports, 1980.

2. U.S. Department of Transportation et coll., "Interagency Study of Post-1980 Goods for Commercial Motor Vehicles", brouillon, Energy Resources Council, 1976.

3. Transportation Systems Center, "Study of Potential for Motor Vehicle Fuel Economy Improvement", Truck and Bus Panel Report No. 7, U.S. Department of Transportation, 1975.

4. Jack Fawcett Associates, Inc., "Truck Fleet Experience with Fuel Economy Improvement Measures", Rapport final, Federal Energy Administration, Washington, D.C., 1976.

5. N.D. Lea and Associates Ltd., "Truck and Bus Fuel Efficiency Improvement", ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, 1978.

6. N.D. Lea and Associates Ltd., "Action Plan to Encourage Public Acceptance of Fuel Efficient Automobiles", ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, 1980.

7. Harriott, W.F., et Sturm, J.C. "Energy Conservation Opportunities for the In-Use Automobile Fleet", brouillon, U.S. Department of Transportation, 1980.

8. Transportation Systems Center, "Vehicle-In-Use Energy Conservation Status Report", U.S. Department of Transportation, 1978.

9. Douglas Aircraft Company, "Vehicle Energy Conservation Program", McDonnell Douglas Corporation, 1975.

10. International Harvester, Canada, "Common Sense Approaches to Uncommon Trucking Productivity".

11. Kibkee, L., et Allen, J.E. "Report of St. Louis Truck Fuel Economy Demonstration", Society of Automotive Engineers, 1978.

12. Bureau de la conservation de l'énergie, "Le guide du nouvel automobiliste", ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1977.

13. Chana, H.E. et coll., "An Analytical Study of Transmission Modifications as Related to Vehicle Performance and Economy", dans *Automotive Fuel Economy Part 2*, Progress in Technology Series No. 18, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA., 1979.

14. Hunter, D.A., et Lee, W.D. "A Study of Technological Improvements to Optimize Truck Configurations for Fuel Economy", U.S. Department of Transportation, 1975.

15. American Trucking Associations, Inc., "The 25 % Solution", Washington, D.C., 1978.

16. International Trucks, "Straight Answers to Questions about Gas and Diesel Truck Power", 1979.

17. Ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, "Utilization of Methanol-based Fuels in Transportation", 1978.

18. N.D. Lea and Associates Ltd., "The Feasibility of Electric Vehicles in Canada", ministère des Transports, 1977.

19. Becking, J.I., document présenté au "Municipal Transportation Energy Seminar" tenu à Toronto le 8 mai 1980 par le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario.

20. Chaput, H., "Energy Conservation in Urban Transit (OC Transpo)", document présenté au "Municipal Transportation Energy Seminar" tenu à Toronto le 8 mai 1980 par le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario.

21. N.D. Lea and Associates Ltd., "Opportunities for Reduction in Petroleum Products Usage in MTC Operations", ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, 1978.